1910 7451

Katechismus

der

Logik oder Denklehre

bestimmt zum

Selbst- und Schulunterricht,

mit erläuternden Beispielen

von

M. G. Th. Fechner.

Leipzig,
in der Baumgärtnerschen Buchhandlung
1823.

Ex
Bibliotheca Regia
Berolinensi

Inhalt.

Seite.

Einleitung 1

Erſtes Kapitel.

Von der Eintheilung der Logik 22

Reine logiſche Elementarlehre.

Zweites Kapitel.

Vom logiſchen Dinge und den Merkmalen . 24

Drittes Kapitel.

Von den oberſten Denkgeſetzen 32

Viertes Kapitel.

Von den Begriffen im Allgemeinen . . . 41

Fünftes Kapitel.

Von der Quantität der Begriffe . . . 43

Sechſtes Kapitel.

Von der Qualität der Begriffe 54

Siebentes Kapitel.

Von der Relation und Modalität der Begriffe. 60

Seite.

Achtes Kapitel.

Von den Urtheilen im Allgemeinen . . . 63

Neuntes Kapitel.

Von den kategorischen Urtheilen 66

Zehntes Kapitel.

Von der Einerleiheit, Unterordnung, Entgegensetzung und Umkehrung der kategorischen Urtheile 77

Eilftes Kapitel.

Von den hypothetischen und disjunktiven Urtheilen 85

Zwölftes Kapitel.

Von dem Unterschiede der Urtheile und Sätze hinsichtlich ihres Inhalts 88

Dreyzehntes Kapitel.

Von den Schlüssen im Allgemeinen und insbesondre den kategorischen . . . 95

Vierzehntes Kapitel.

Von den hypothetischen und disjunctiven Schlüssen 102

Funfzehntes Kapitel.

Von den abgekürzten Schlüssen 114

Seite.

Sechzehntes Kapitel.

Von den figurirten Schlüssen . . . 121

Siebzehntes Kapitel.

Von den zusammengesetzten Schlüssen . . 125

Achtzehntes Kapitel.

Fehl- und Trugschlüsse 130

Reine logische Methodenlehre.

Neunzehntes Kapitel.

Von Wissenschaft, System und Methode . 133

Zwanzigstes Kapitel.

Von den Erklärungen 140

Ein und zwanzigstes Kapitel.

Von den Eintheilungen 150

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Von den Beweisen 157

Angewandte Elementarlehre.

Drei und zwanzigstes Kapitel.

Von den logischen Krankheiten (logische Patholo-
gie) 165

Seite.

Vier und zwanzigstes Kapitel.

Von den logischen Heilmitteln (logische Therapeutik) 173

Fünf und zwanzigstes Kapitel.

Von der Erwerbung der Erkenntnisse und insbesondre der Erfahrung 178

Sechs und zwanzigstes Kapitel.

Fortsetzung 183

Sieben und zwanzigstes Kapitel.

Von dem Nachdenken 186

Acht und zwanzigstes Kapitel.

Von der Mittheilung der Erkenntniß . . . 190

Einleitung.

Obgleich der menschliche Geist ein einfaches Wesen ist, an dem man weder zeitliche noch räumliche Theile unterscheiden kann, so nimmt man doch nach den verschiedenen Arten von Thätigkeiten, die er äußert, mehrere Vermögen an ihm an, in denen der Grund dieser Thätigkeiten gesucht wird. Zuvörderst unterscheidet man an ihm das Vorstellungs- oder Erkenntnißvermögen und das Begehrungsvermögen, deren jedes man wieder in das obere und niedere trennt. Das obere Erkenntnißvermögen befaßt die Vernunft (ratio) und den Verstand (intellectus) mit der, letzterm zugehörenden, Urtheilskraft unter sich, obgleich man häufig in weiterer Bedeutung auch das ganze obere Vorstellungsvermögen Verstand oder Vernunft nennt; das niedere Erkenntnißvermögen heißt auch die (theoretische) Sinnlichkeit (sensualitas), und enthält

die äußern Sinne und den innern Sinn, welchem letztern man die Einbildungskraft beirechnen kann. — Mit der Erforschung und Darstellung der ursprünglichen Gesetze des Vorstellungs- oder Erkenntnißvermögens beschäftigt sich die theoretische Philosophie, mit der der ursprünglichen Gesetze des Begehrungsvermögens die praktische.

Die Sinnlichkeit überhaupt ist ein Vermögen zu Wahrnehmungen (perceptiones), worunter man alle Vorstellungen versteht, die ein gegebner Gegenstand (Objekt, objectum) unmittelbar durch seine Gegenwart in uns hervorbringt. So nehme ich einen Baum wahr, wenn ein solcher wirklich vor mir steht, und von mir gesehen oder gefühlt wird, so nehme ich einen Schlag wahr, wenn ich denselben wirklich erleide. einen Ton, wenn er wirklich ertönt und von meinem Ohre aufgefaßt wird; wenn ich mir dagegen einen Baum, einen Schlag oder Ton nur im Allgemeinen dächte, ohne daß sie durch ihre Gegenwart auf mich einwirkten, so würde dieß nicht zur Wahrnehmung zu rechnen seyn. Da nun die Gegenstände,

die wir wahrnehmen sollen, allemal wirklich gegenwärtig seyn müssen, so begreift man leicht, daß immer blos einzelne, bestimmte Gegenstände wahrgenommen werden können, nichts aber, mehreren derselben Gemeinsames daraus gesammelt oder verbunden werden kann; und hiervon hat man ein Unterscheidungsmerkmal der Wahrnehmungen oder Vorstellungen der Sinnlichkeit von den Begriffen und Ideen (Vorstellungen des Verstandes und der Vernunft). Einige Beispiele werden dieß erläutern.

Wenn ich ein bestimmtes Buch sehe, so gehört die Vorstellung, die dadurch in mir erweckt wird, der Sinnlichkeit an, sie ist eine Wahrnehmung, denn sie wird durch die Gegenwart des Buches selbst in mir hervorgebracht, und es ist ein einzelnes bestimmtes Buch, was ich mir vorstelle. Wenn ich nun aber mehrere Bücher gesehen, mir die Merkmale, worin alle diese übereinkommen, abgemerkt, und dann in meinem Bewußtseyn verbunden hätte, so würde ich durch das Zusammendenken dieser, allen von mir gesehnen Büchern gemeinschaftlich zukommenden Merkmale, zu keiner Wahrnehmung ei-

nes Buches gelangen, weil ja kein bestimmtes Buch die Vorstellung dabei in mir erregte, sondern zu dem Begriff von einem Buche, der ganz unabhängig von einem einzelnen bestimmten Buche in meiner Seele statt finden kann, was man schon daraus erkennt, weil ja der Begriff von einem Buche überhaupt auf alle Bücher passen muß, mithin nicht blos ein einzelnes wirkliches vorstellen kann. Eben so, wenn ich einen bestimmten Ton höre, so entsteht dadurch eine Wahrnehmung desselben in mir; wenn ich aber mehrere Töne wahrgenommen habe und aus diesen Wahrnehmungen diejenigen Merkmale zusammen genommen, die ihnen allen überhaupt zukommen, so erhalte ich ebenfalls durch das Vereinigen derselben keine Wahrnehmung von einem bestimmten Tone, sondern einen Begriff von dem Tone überhaupt, den ich mir bilden kann, ohne daß ein Ton durch seine wirkliche Gegenwart mein Vorstellungsvermögen in Anspruch nimmt.

Die Wahrnehmungen sind entweder Anschauungen (intuitiones) oder Empfindun-

gen (sensationes), je nachdem die Vorstellung, die ein Gegenstand unmittelbar durch seine Gegenwart erregt, mehr auf den Wahrnehmenden selbst (das Subjekt der Wahrnehmung) oder auf die wahrgenommene Sache (das Objekt der Wahrnehmung) bezogen wird. Daher sage ich: ich schaue ein Haus, einen Baum, einen Schall an (denn in der Philosophie wird das Wort Anschauung nicht blos von Wahrnehmungen, die wir mittelst des Gesichtssinnes erhalten, gebraucht), dagegen: ich empfinde einen Schlag, ich empfinde Wohlbehagen u. s. w. In jenem Falle, wie in diesem, erhalte ich Vorstellungen durch unmittelbare Gegenwart der Gegenstände selbst, nehme also wahr, aber dort tritt die Beschaffenheit oder der Zustand des Objekts, des Hauses, Baums, oder Schalls mehr in mein Bewußtseyn, ich beziehe meine Vorstellung nur auf diese, denke nur an diese Gegenstände nicht aber an mich selbst, dagegen in letzterm Falle, bei der Empfindung, tritt mein eigner, des Wahrnehmenden, Zustand, mehr ins Bewußtseyn, ich beziehe die Vorstellung mehr auf mich selbst, mache mich selbst zum Ge-

genstande meiner Vorstellung, nicht aber die Dinge, die sie erregten.

Die Sinnlichkeit oder das Wahrnehmungsvermögen begreift unter sich die äußern Sinne und den innern Sinn. Die äußern Sinne sind die, durch welche wir den Zustand der Körperwelt anschauen und empfinden, und sie sind selbst an körperliche Organe gebunden; hierher gehören die schlechtweg sogenannten fünf Sinne und das körperliche Gemeingefühl; der innre Sinn aber ist der, durch welchen wir, was in unsrer eignen Seele vorgeht, wahrnehmen. So ist es eine Wahrnehmung meines innern Sinnes, wenn ich an mir selbst bemerke, daß ich fröhlich, oder traurig, oder nachdenkend bin. Auch die Einbildungskraft läßt sich mit zum innern Sinne rechnen, durch welche wir Vorstellungen, die von abwesenden oder auch gar nicht wirklich existirenden Gegenständen in unsrer Seele entstehen, wahrnehmen.

Wenn wir blos das Vermögen zu Wahrnehmungen hätten, so würden wir gar keine allgemeinen Begriffe, die mehrern Gegenständen gemeinsam zukommen, erhalten können, z. B.

die Begriffe von Tugend, Schönheit u. ſ. w. würden gar nicht in uns entſtehen können, weil ſie ſich nirgends einzeln, abgeſondert, weder anſchauen noch empfinden laſſen; ja wir würden nicht einmal von ſinnlich wahrnehmbaren Gegenſtänden einen Begriff erhalten können. Denn wenn ich z. B. auch ein Haus angeſchaut hätte, ſo würde ich ja noch nicht wiſſen, was denn daran weſentlich zu einem Hauſe gehörte, was ich mithin in den Begriff des Hauſes aufzunehmen und was ich daraus wegzulaſſen hätte. Wenn ich z. B. ein gelbes Haus mit einem platten Dache ſehe, ſo würde mir die Wahrnehmung weiter nichts lehren, als daß ein ſolches Haus wirklich vor mir ſtehe, und die gelbe Farbe und das platte Dach würden bei meiner Anſchauung eben ſo weſentlich Statt finden, als die Mauern und das Dach überhaupt, das ich an demſelben bemerke. Wäre alſo Anſchauung und Begriff daſſelbe, ſo würde ich in den Begriff von einem Hauſe auch die Kennzeichen aufnehmen müſſen, daß ein Haus gelb ſeyn und ein plattes Dach haben müßte, was doch nicht nothwendig iſt, da es auch Häuſer mit andern Far-

ben und mit ſpitzen Dächern giebt. Bei jeder neuen Anſchauung würde ſich alſo mein Begriff verändern, den ich von einem Hauſe gefaßt hätte, und ich würde am Ende gar nicht wiſſen, was ich mir unter einem ſolchen überhaupt vorſtellen ſollte. Nun hat aber die Seele außer dem Vermögen der Anſchauungen und Empfindungen, welche blos auf einzelne Gegenſtände gehen, auch das Vermögen, aus den einzelnen Wahrnehmungen die Merkmale zuſammenzuſuchen, worin ſie mit einander übereinſtimmen; dieſe, mehreren Wahrnehmungen gemeinſchaftlich zukommenden Merkmale zu verbinden und in Eins zuſammenzufaſſen. Eine ſolche Vereinigung von Merkmalen, die mehreren Wahrnehmungen gemeinſam ſind, nennt man eben einen Begriff (notio, conceptus) und das Vermögen Begriffe zu bilden, Verſtand. Z. B. wenn ich mehrere organiſche Weſen, ſey es durch den äußern Sinn wahrgenommen oder auch durch die Einbildungskraft mir vorgeſtellt habe, ſo wird mein Verſtand ſie vergleichen und bemerken, daß einigen dieſer organiſchen Weſen mehrere Merkmale gemeinſchaftlich zukommen, z. B.

Wurzel, Stamm, Zweige, Blätter, Blüthen, Holz, dagegen andre Merkmale an ihnen verſchieden ſeyn können. Die gemeinſamen Merkmale nun wird der Verſtand ſammeln, vereinigen, und daraus den Begriff des Baumes bilden, die nicht gemeinſchaftlichen Merkmale dagegen, aus dem Begriff des Baumes weglaſſen, was die Wahrnehmung an ſich nicht vermöchte, die den einzelnen Gegenſtand nehmen muß, wie er ſich ihr darbietet. Der Sinn z. B. nimmt einen Baum mit zackigten Blättern und weißen Blüthen wahr; der Verſtand aber wird das Zackigtſeyn der Blätter und die weiße Farbe der Blüthen nicht mit in den Begriff vom Baum, den er bildet, aufnehmen, weil ſonſt ein Baum, der keine zackigten Blätter und weißen Blüthen hätte, und deren giebt es doch, kein Baum ſeyn würde, wenn er auch ſonſt in allen übrigen Merkmalen mit dem ſchon gebildeten Begriffe des Baums übereinſtimmte. — Dieſe Thätigkeit des Verſtandes, vermöge deren er gemeinſame Merkmale zuſammenſucht und verbindet, um daraus Begriffe zu bilden, nennt man die

diskursive Thätigkeit des Verstandes, weil er die Merkmale der Gegenstände dabei gleichsam durchläuft (discurrit) um die passenden auszulesen. Zum Theil besteht hierin das Denken.

Bei diesem Denken oder Bilden der Begriffe kann man nun wieder verschiedene Handlungen oder Akte des Verstandes unterscheiden. Nämlich, wenn mehrere Wahrnehmungen gegeben sind, aus denen der Verstand einen Begriff bilden soll, so kann er nach dem Obigen nicht alle Merkmale brauchen, die in den einzelnen Wahrnehmungen enthalten sind, wenn sie ihnen nicht gemeinsam sind, z. B. um den Begriff des Hauses zu bilden, nicht das der gelben Farbe, um den Begriff des Menschen zu bilden, nicht das seines Bekleidetseyns, wenn auch diese Merkmale sich in mehreren einzelnen Wahrnehmungen, die dem Verstande durch die Sinnlichkeit zugeführt werden, vorfinden. Indem also der Verstand von diesen Merkmalen, die zu dem Begriffe, den er bilden will, nicht wesentlich gehören, gleichsam wegsieht, sagt man, er abstrahire von denselben; auf der andern

Seite dagegen ſucht der Verſtand die Merkmale aus, die zur Bildung ſeines Begriffes weſentlich ſind, und indem er auf dieſe beſonders ſeine Aufmerkſamkeit richtet, ſagt man, er reflektire auf dieſelben. Z. B. wenn der Verſtand die Anſchauungen von ſchwarzen und weißen, bekleideten und unbekleideten Menſchen vor ſich hat, und aus dieſen den Begriff Menſch überhaupt bilden will, ſo wird er von der ſchwarzen und weißen Farbe dieſer Menſchen, ſo wie von ihrem bekleidet oder unbekleidetſeyn gänzlich abſtrahiren, weil dieſe Merkmale nicht in den Begriff des Menſchen mit aufgenommen werden können, denn ſonſt müßten ſie allen Menſchen gemeinſam ſeyn; dagegen wird er auf die Merkmale, die die ſchwarzen und weißen, bekleideten und unbekleideten Menſchen mit einander gemein haben, reflektiren, z. B. auf Kopf, Hände und Füße, Verſtand u. ſ. w.

Die Aufnahme nun dieſer gemeinſamen Merkmale in den Begriff nennt man Determination, und ihre Verbindung mit einander Combination. Die Determination iſt noch von der Reflexion verſchieden: denn man kann auf

ein Merkmal in einer Anschauung reflektiren oder hinsehen, weil es dem erstem Ansehn nach tauglich zur Bildung des Begriffes erschien, oder man überhaupt noch nicht weiß, ob es tauglich oder nicht tauglich dazu seyn könnte, was man eben erst durch die Reflexion erforschen will, nachher aber doch es als untauglich verwerfen. Z. B. wenn ich anfangs auf das Merkmal der weißen Hautfarbe reflektire, weil es dem ersten Anschein nach schien, als wenn es in den Begriff des Menschen mit aufgenommen werden müßte, oder ich auch erst untersuchen will, ob es in den Begriff des Menschen gehöre; nachher aber finde, daß es auch schwarze Menschen giebt, so lasse ich die Determination der Reflexion nicht folgen, sondern abstrahire wieder von der weißen Hautfarbe; wenn ich hingegen auf den Kopf des Menschen reflektirt habe, und nun finde, daß allen Menschen wirklich ein Kopf zukommt, so lasse ich dann die Determination der Reflexion folgen, d. h. ich nehme nun wirklich das Merkmal des Kopfes mit in den Begriff Mensch auf und combinire ihn mit den übrigen Merkmalen, die ich schon

aufgenommen hatte. Nach dieſen verſchiednen Thätigkeitsäußerungen unterſcheidet man auch im Verſtande ein Abſtraktionsvermögen, Reflexionsvermögen, Determinationsvermögen und Combinationsvermögen. — Es iſt übrigens wohl zu bemerken, daß der Verſtand nicht blos fähig iſt, aus Wahrnehmungen durch Sammlung ihrer gemeinſchaftlichen Merkmale Begriffe zu bilden, ſondern daß er auch aus Begriffen ſelbſt wieder andre Begriffe bilden kann, indem er auf ihre gemeinſchaftlichen Merkmale reflektirt. Z. B. aus Gerechtigkeit, Güte, Sanftmuth und den übrigen guten Eigenſchaften des Menſchen, welche ſchon an ſich Begriffe ſind, kann er, indem er das, was ihnen gemeinſchaftlich zukommt, zuſammenfaßt oder combinirt, den Begriff der Tugend bilden. Ein andres Beiſpiel: Wenn jemand mehrere einzelne Inſecten anſchaut, ſo kann er die denſelben gemeinſchaftlichen Merkmale zuſammennehmen, und daraus ſich den Begriff von Inſect überhaupt bilden; ferner, wenn er mehrere Vögel ſieht, kann er aus dieſen ebenfalls den Begriff von Vogel überhaupt bilden; eben ſo auch die Be-

griffe Fisch, Säugthier u. s. w.; nun kann er aber wieder alle die einzelnen Begriffe, Insect, Vogel, Fisch u. s. w. mit seinem Verstande betrachten, und indem er die ihnen gemeinschaftlichen Merkmale zusammensucht, daraus den Begriff Thier bilden; hat er nun vorher schon den Begriff Pflanze gebildet, so kann er wieder die gemeinschaftlichen Merkmale von den Begriffen Thier und Pflanze zusammennehmen, und daraus den Begriff eines organischen Wesens bilden u. s. f., so daß man also sieht, wie der Verstand immer höher in seinen Begriffen steigen kann, bis er endlich auf ganz allgemeine kommt, die allen Objekten gemeinsam sind, dergleichen der Begriff des Seyns ist.

Der Verstand muß bei allen seinen Thätigkeiten von der Urtheilskraft unterstützt werden. Man kann sich nämlich Objekte blos für sich vorstellen, aber auch in Beziehung auf andere Vorstellungen. Z. B. ein Haus kann ich mir blos schlechthin für sich vorstellen; ich kann aber auch die gelbe Farbe darauf bezogen vorstellen; im ersten Falle habe ich blos entweder den reinen Begriff oder die reine An

ſchauung vom Hauſe, im andern Falle aber, indem ich die Beziehung zwiſchen der gelben Farbe und dem Hauſe ſetze, ſage ich: ich urtheile; ſo z. B. das Haus iſt gelb oder das Haus iſt nicht gelb oder alle Häuſer ſind gelb u. ſ. w. ſind Urtheile. Man ſieht leicht, daß die Determination und Combination eigentlich nur ein Urtheilen iſt, und man kann daher die Urtheilskraft auch ſelbſt mit zum Verſtande rechnen, dem dieſe Thätigkeiten angehören. — Sucht man nun den Grund eines Urtheils in einem andern, leitet alſo das eine aus dem andern ab, ſo nennt man dies Schließen. Z. B. wenn ich ſage: alle organiſche Weſen ſind lebendig, der Hund iſt ein organiſches Weſen, alſo iſt der Hund lebendig; ſo habe ich geſchloſſen; denn ich habe das Urtheil: der Hund iſt lebendig, aus dem Urtheil: alle organiſchen Weſen ſind lebendig, abgeleitet. Das Schließen iſt die eigenthümliche Thätigkeit der Vernunft, und da ein noch ungewiſſes Urtheil, wenn ſeine Wahrheit aus einem andern abgeleitet oder geſchloſſen werden ſoll, zuletzt nur aus einem ſolchen geſchloſſen werden kann, was an ſich all-

gemein gültig und unbedingt ist — denn sonst müßte dessen Wahrheit erst selbst wieder geschlossen werden — so schreibt man auch der Vernunft das Bewußtseyn des Unbedingten und Allgemeinen und seiner Beziehung auf das Bedingte und Besondre zu, nennt auch wohl einen solchen unbedingten allgemeinen Begriff eine Idee, welche das höchste ist, bis wohin sich der menschliche Geist erheben kann. Hierher gehören z. B. die Ideen Gott, Freiheit.

In den Verrichtungen des Verstandes, der Urtheilskraft und der Vernunft, also im Bilden von Begriffen, Urtheilen und Schlüssen besteht das Denken, das somit einzig und allein dem obern Vorstellungsvermögen zukommt, denn die Sinnlichkeit liefert vermittelst ihrer Wahrnehmungen blos den Stoff zum Denken. Nun kann man das Denken auf doppelte Weise betrachten; einmal blos indem man die Vorstellungen, die bei'm Denken vorkommen, in ihrem Verhältniß zu einander betrachtet, ohne auf die Gegenstände selbst Rücksicht zu nehmen, die dadurch vorgestellt werden. Z. B. wenn ich sage: der Mensch ist vernünftig, oder:

das Thier ist nicht vernünftig, so kann ich hierbei von den Gegenständen, die durch die Begriffe Mensch, Thier und Vernünftigkeit vorgestellt werden, ganz absehen, und blos darauf achten, ob der eine Begriff wirklich auf den andern bezogen wird, wie im ersten Falle, oder ob er als nicht darauf bezogen vorgestellt wird, wie im zweiten Falle, oder ob ein Begriff auf einen andern allgemein bezogen wird (z. B. alle Menschen sind sterblich) oder nicht allgemein (z. B. einige Menschen sind sterblich) u. s. w., so daß es also hier gar keinen Unterschied macht, von was für Gegenständen ich spreche, weil ich nur die Form des Satzes, ob er bejahend, verneinend, allgemein oder besonder u. s. w. ist, in Erwägung ziehe. In dieser Hinsicht also werden die Sätze: Gott ist allmächtig, das Thier ist gefräßig, der Baum ist grün; ganz gleich seyn, weil hier die Vorstellungen allmächtig, gefräßig, grün alle auf einerlei Art auf die Vorstellungen Gott, Thier, Baum bezogen werden, wenn gleich Thier, Baum u. s. w. sehr verschieden von einander sind. Betrachtet man das Denken blos von

dieſer Seite, ſo nennt man es ein formales oder analytiſches Denken, auch wohl Denken ſchlechthin; man kümmert ſich hier nicht um die Gegenſtände, die gedacht werden, ſondern blos um die Art, wie die Gedanken verbunden werden. Nimmt man aber zugleich bei'm Denken auf die Gegenſtände Rückſicht, welche gedacht werden, und betrachtet das Verhältniß der Vorſtellungen nicht unter ſich, (wie bei'm analytiſchen Denken), ſondern zu ihren Gegenſtänden, ſo nennt man es ein materiales oder ſynthetiſches Denken, oder auch Erkennen, wenn man das analytiſche Denken, Denken ſchlechthin nennt. Daher iſt auch die formale Wahrheit bei'm Denken von der materialen Wahrheit zu unterſcheiden. Ein Satz kann formal ganz richtig und wahr ſeyn, wenn er den Geſetzen des formalen Denkens nicht widerſtreitet, aber material falſch. Wenn ich z. B. ſage: alle Blumen ſind weiß, ſo iſt dieſer Satz formal richtig, weil eine ſolche allgemeine Beziehung von ſich nicht widerſprechenden Vorſtellungen, wie hier von weiß auf Blume nach den Geſetzen des formalen Denkens wirklich geſchehen kann, und es

hier ganz einerlei ist, ob die Vorstellungen Blume oder Baum oder weiß oder schwarz dabei zum Grunde liegen, wofern nur die Vorstellungen selbst auf eine richtige Weise mit einander verbunden sind, mithin das Urtheil eine richtige Form hat. Material aber oder nach den Gesetzen des Erkennens ist der Satz: alle Blumen sind weiß, falsch, weil, wenn ich nun wirklich die gedachten Gegenstände selbst, Blume und weiße Farbe in Erwägung ziehe, ich finde, daß doch nicht alle Blumen weiß sind. Der Satz aber: Thier ist nicht Thier, wäre auch formal falsch, denn er würde eben so falsch bleiben, wenn ich auch statt Thier einen Gegenstand setzte, welchen ich nur immer wollte; so daß also hier seine Falschheit gar nicht durch die Natur des Gegenstandes selbst bedingt seyn kann, sondern in der unrichtigen Art der Verbindung der Vorstellungen selbst, mithin in der Form des Urtheils liegen muß. — Außer diesen beiden Arten, die Vorstellungen entweder blos in Beziehung auf einander selbst, oder auch in Beziehung auf ihre Gegenstände zu betrachten, kann man auch noch erwägen, in

wiefern die Vorstellungen von gewissen Gegenständen ein Gefühl der Lust oder Unlust in uns erregen, in wiefern z. B. die Betrachtung eines schönen Gesichts Wohlgefallen, oder die einer häßlichen Fratze Abscheu in uns erweckt; und zwar nennt man die Empfänglichkeit für solche Art der Lust und Unlust, welche Vorstellungen in uns erregen, Geschmack.

Nach diesen drei Arten, unsre Vorstellungen zu betrachten, zerfällt die theoretische Philosophie in drei Hauptabschnitte, die Logik, welche sich mit den ursprünglichen Gesetzen des formalen Denkens beschäftigt, und auch Denklehre schlechtweg heißt; die Metaphysik, welche von den ursprünglichen Gesetzen des materialen Denkens oder des Erkennens handelt, und daher auch Erkenntnißlehre genannt wird; endlich in die Aesthetik oder die Geschmackslehre, welche die Gesetze des Vorstellens und Erkennens der Gegenstände, in wiefern sie ein Gefühl der Lust oder der Unlust in uns erregen, darstellt.

Es ergiebt sich aus dem Vorerwähnten von selbst, daß die Logik uns nichts über die Beschaffenheit von Gegenständen selbst lehren

kann, weil ſie die Vorſtellungen überhaupt nicht in Beziehung auf ſolche, ſondern nur im Verhältniß zu einander betrachtet. Durch die Logik können daher keine neuen Wahrheiten gefunden werden, aber ſie kann doch prüfen, ob die Wahrheiten, die man gefunden zu haben glaubt, auch wirklich mit der Natur unſers Denkvermögens übereinſtimmen; ſie kann die Wege zeigen, aus wirklich gefundnen Wahrheiten andre folgerecht abzuleiten, und Irrthümer, die aus einem verworrenen, unrichtigen Denken herrühren, aufzudecken. Die Logik kann uns nicht denken lehren, aber ſie kann doch die Geſetze, nach denen das Denken geſchieht, klar und deutlich uns vor Augen legen, und uns ſo in den Stand ſetzen, bei Nichtbeobachtung derſelben, die begangnen Fehler aufzudecken; ſie kann uns zeigen, worauf wir zu achten haben, wenn wir die formale Wahrheit eines Begriffes, Urtheiles oder Schluſſes unterſuchen wollen.

Erſtes Kapitel.

Von der Eintheilung der Logik.

Frage. Was iſt Logik?

Antwort. Logik iſt derjenige Theil der theoretiſchen Philoſophie, welcher uns mit den Geſetzen des (formalen oder analytiſchen) Denkens bekannt macht. Sie betrachtet das Denken aber nicht, in ſofern es ſich auf beſtimmte Gegenſtände bezieht, ſondern lehrt nur die Geſetze des Denkens im Allgemeinen, giebt mithin an, auf welche Art alle Gegenſtände überhaupt gedacht werden müſſen, wenn ſie auch noch ſo verſchieden wären. In ſofern ſie nun blos die Art und Weiſe des Denkens an ſich betrachtet, ſagt man auch, daß ſie blos die Form des Denkens in Erwägung ziehe, dagegen von der Materie des Denkens, unter welcher man die wirklich gedachten Gegenſtände verſteht, abſehe oder abſtrahire.

F. Wie theilt man die Logik ein?

A. Man unterſcheidet zuvörderſt die allgemeine und beſondre Logik. Erſtre beſchäftigt ſich mit der Form des Denkens überhaupt, und

heißt auch Elementarlogik, letztre giebt Regeln für das Denken in besondern Wissenschaften, und kann daher nicht getrennt von diesen dargestellt werden.

F. Wie wird die allgemeine Logik eingetheilt?

A. Zuvörderst in die reine und in die angewandte. Die reine Logik stellt die Regeln des Denkens ganz für sich auf, wie sie ursprünglich im höhern Erkenntnißvermögen statt finden, die angewandte dagegen nimmt auf die verschiednen Bedingungen Rücksicht, von welchen die Anwendung jener Regeln abhängt; z. B. auf die Bedingungen, welche uns zu falschen Urtheilen veranlassen können, und die Mittel, solchen vorzubauen.

F. Wie wird die reine Logik eingetheilt?

A. In die (reine) Elementarlehre und die (reine) Methodenlehre. Erstre betrachtet die Verrichtungen des Denkvermögens, als Begriffe, Urtheile und Schlüsse einzeln, und giebt die Regeln an, nach denen es dabei verfährt; letztre lehrt, vermittelst richtiger Behandlung jener Operazionen unsrer wis-

senschaftlichen Erkenntniß eine dem Denkvermögen angemessene Form zu geben, und hat es somit mit dem zu thun, was bei Erklärungen, Eintheilungen und Beweisen zu beobachten ist.

F. Wie theilt man die angewandte Logik ein?

A. Auch in eine (angewandte) Elementarlehre und eine (angewandte) Methodenlehre. Erstre befaßt unter sich die Lehre von der Entstehung des logischen Scheins und Irrthums (logische Pathologie), und die Lehre von den Mitteln gegen Irrthümer (logische Therapie); letztre handelt von der Erwerbung und Mittheilung der Erkenntnisse.

Reine logische Elementarlehre.

Zweites Kapitel.

Vom logischen Dinge und den Merkmalen.

F. Was versteht man unter einem logischen Dinge und einem logischen Undinge?

A. Ein logisches Ding (ens logicum) ist dasjenige, was nach den Gesetzen des Ver-

ſtandes gedacht werden kann, wenn es ſich auch nicht wirklich in der Erfahrungswelt vorfindet; ein logiſches Unding (nonens logicum) dagegen, was auch nicht einmal gedacht werden kann. Das logiſche Ding und Unding iſt von dem realen Dinge und Undinge wohl zu unterſcheiden, von denen erſtres ſich in der Erfahrungswelt wirklich vorfindet, letztres nicht.

F. Welches ſind Beiſpiele, die dieß erläutern?

A. Ein Thier, was die Geſtalt eines Drachen, oder eine ſolche Größe beſäße, daß es mit dem Rücken bis an den Mond reichte, wäre ein logiſches Ding, denn es hindert uns nichts, uns ein ſolches Thier zu denken; dagegen wäre es ein reales Unding, weil es ſich nicht wirklich in der Erfahrungswelt vorfindet. Ein viereckiger Zirkel aber, oder ein Blatt, das zugleich und an derſelben Stelle grün und nicht grün wäre, müßte man nicht nur für reale, ſondern auch für logiſche Undinge halten, weil man ſich ſolche auch nicht einmal denken könnte. Man ſieht aus dieſen Beiſpielen, daß vieles logiſche Dinge ſeyn kön-

nen, welche deßhalb nicht reale Dinge sind; dagegen muß jedes reale Ding, in so fern es auf uns Bezug hat, auch als ein logisches Ding gedacht werden können, weil es sonst überhaupt nicht gedacht werden könnte, und mithin für uns so gut als gar nicht da wäre. — Uebrigens ist ein logisches Ding, — und nur von solchen kann in der Logik die Rede seyn — im Grunde nichts anders als ein Begriff, oder eine Vorstellung des Verstandes.

F. Wodurch wird ein Ding gedacht?

A. Durch Merkmale.

F. Was versteht man unter Merkmalen?

A. Merkmale (notae) sind Vorstellungen, welche als Theile in andern Vorstellungen enthalten sind, und wodurch mehrere Vorstellungen sich von einander unterscheiden lassen. Z. B. Vom Baum ist das Blatt ein Merkmal, denn es ist eine Vorstellung, die als Theil in der Vorstellung des ganzen Baums enthalten ist, und man kann diese dadurch von den Vorstellungen eines Thiers, Hauses u. s. w. unterscheiden. Man nennt die Merkmale auch wohl Eigenschaften, Bestim-

mungen, Kennzeichen, Prädikate, Charaktere. Nur in so fern als solche einem Dinge beigelegt werden, kann es gedacht werden, und ein Ding, was gar kein Merkmal hätte, existirte für unsern Verstand so gut als gar nicht, könnte gar nicht gedacht werden.

F. Wie kann man die Merkmale unterscheiden?

A. In innre und äußre, bejahende und verneinende, wesentliche und außerwesentliche, ursprüngliche und abgeleitete, unmittelbare und mittelbare, fruchtbare und unfruchtbare.

F. Was sind innre und äußre Merkmale?

A. Innre oder absolute Merkmale sind solche, die einen Gegenstand, für sich genommen, bestimmen; die äußern Merkmale aber, die man auch relative oder Beziehungs- oder Verhältnißmerkmale nennt, bestimmen nur das Verhältniß, oder die Beziehung, die der Gegenstand zu einem andern Dinge hat. So sind Stamm, Wurzel, Blatt, Blüthe, innre Merkmale des Baums, denn sie bestimmen den Begriff desselben ohne alle Rücksicht auf andre Gegenstände; dagegen, daß der Baum in die

Erde gewachsen ist, oder daß sein Stamm eine gewisse Richtung gegen einen andern Baum hat, sind äußre oder Beziehungsmerkmale, denn sie drücken nur ein Verhältniß desselben zu andern Dingen aus. Das Ding, zu welchem das Verhältniß mittelst des Beziehungsmerkmales ausgedrückt wird, wie in obigem Falle die Erde, heißt das Mitbezogene oder Correlat. Aeußre Merkmale erfordern daher allemal ein Correlat.

F. Was sind bejahende, und verneinende Merkmale?

A. Bejahende oder positive Merkmale sind solche, durch welche man sich etwas als zu einem Dinge wirklich gehörig vorstellt; verneinende oder negative dagegen, durch welche man etwas von einem Dinge ausschließt. Z. B. Roth, warm, geschwind sind bejahende Merkmale, weil sie Eigenschaften, mit denen ein Ding wirklich existirt ausdrücken; hingegen ungefärbt, nicht warm sind verneinende Merkmale, weil sie Eigenschaften von der Existenz eines Dinges ausschließen. Wird ein verneinendes Merkmal wieder verneint, so entsteht

daraus ein bejahendes Merkmal; z. B. nicht ungefärbt ist so viel als das bejahende Merkmal gefärbt.

F. Was sind wesentliche und außerwesentliche Merkmale?

A. Wesentliche Merkmale (essentialia, attributa) sind solche, die dem dadurch gedachten Dinge jederzeit zukommen, und nothwendig zukommen müssen, wenn der Begriff von dem Dinge selbst nicht ein ganz andrer werden soll. Dagegen sind außerwesentliche Merkmale (accidentalia), die man auch zufällige nennt, von der Art, daß sie einem Gegenstande nicht mit Beständigkeit zukommen, und daher auch von demselben weggedacht werden können, ohne dessen Begriff im Allgemeinen zu verändern. So ist z. B. das Merkmal der willkührlichen Bewegung ein wesentliches beim Thiere, denn es kommt allen Thieren so allgemein und beständig zu, daß ein Geschöpf, dem dieses Merkmal fehlte, für gar kein Thier zu achten wäre, sondern eine Pflanze oder sonst etwas seyn müßte; dagegen ist das Merkmal von vier Füßen ein außerwesentliches beim

Thiere, denn es giebt auch Thiere mit mehr oder weniger als vier Füßen, und der Begriff vom Thier im Allgemeinen bleibt ungeändert derselbe, wenn ich auch nicht das Merkmal der vier Füße dazu denke. — Die wesentlichen Merkmale eines Dinges zusammengenommen machen dessen Wesen aus, und sind diesem Dinge entweder ausschließlich eigen (attributa propria), oder kommen auch noch andern Gegenständen zu, (attributa communia); so ist das Merkmal der willkührlichen Bewegung auf unsrer Erde wenigstens, den thierischen Geschöpfen ausschließlich eigen; das wesentliche Merkmal der Ernährung aber kommt auch den Pflanzen zu. — Aeußre Merkmale können keine wesentlichen seyn, weil sie blos Beziehungen zu andern Gegenständen ausdrücken, diese aber sich ändern können.

F. Was sind ursprüngliche und abgeleitete Merkmale?

A. Ursprüngliche Merkmale (notae originariae, primitivae, radicales) sind solche, die nicht erst aus andern Merkmalen gefolgert werden; abgeleitete (derivativae s. conse-

cativae) dagegen solche, die einem Dinge als Folgen anderer Merkmale desselben beigelegt werden. So ist die Schärfe ein ursprüngliches Merkmal eines schneidenden Werkzeugs, seine Fähigkeit dagegen, andre Körper zu zertheilen, ein daraus abgeleitetes; ein ursprüngliches Merkmal eines Kreises ist, daß alle seine Punkte gleichweit von einem bestimmten Punkte abstehen; daß er eine krumme Linie ist, ein daraus abgeleitetes.

F. Was sind unmittelbare und mittelbare Merkmale?

A. Unmittelbare oder nächste Merkmale sind solche, welche dem Gegenstande gleich selbst beigelegt werden, mittelbare oder entfernte dagegen solche, die man zunächst erst wieder auf ein andres Merkmal des Gegenstandes, und nur in so fern auch auf den Gegenstand selbst bezieht. So wäre z. B. das Blatt ein unmittelbares Merkmal des Baums, weil man es gleich auf den Baum selbst bezieht; die grüne Farbe dagegen ein mittelbares Merkmal desselben, weil man es erst auf das Blatt, und nur mittelst dieses auch auf den Baum bezieht.

F. Was ſind fruchtbare und unfruchtbare Merkmale?

A. Fruchtbare Merkmale ſind ſolche, aus denen ſich viele andere Merkmale ableiten laſſen, und die mithin dazu dienen können, einen Gegenſtand von vielen andern Gegenſtänden zu unterſcheiden. Unfruchtbare Merkmale dagegen ſind ſolche, bei denen dieß nicht ſtatt findet.

Drittes Kapitel.

Von den oberſten Denkgeſetzen.

F. Kann der Verſtand bei dem Beziehen von Merkmalen auf Dinge nach freier Willkühr verfahren, oder iſt er dabei an gewiſſe Geſetze gebunden?

A. Er iſt, ſo wie überhaupt nichts in der Welt ohne Geſetze geſchieht, dabei an beſtimmte Geſetze gebunden, die er beobachten muß, wenn ſein Denken (formale) Wahrheit haben ſoll. Wer dieſen zuwider denkt, denkt logiſch unrichtig oder falſch. Die Logik lehrt uns nicht erſt die Beobachtung dieſer Geſetze; ſondern ſie

ſind vielmehr ſo tief in der Natur unſers Verſtandes gegründet, daß ſie jeder auch unbewußt befolgt, wenn er nur des gewöhnlichen geſunden Menſchenverſtandes genießt. Die Logik hat hierbei weiter nichts zu thun, als ſie auch unſerm Bewußtſeyn deutlich zu machen.

F. Welches ſind die oberſten Geſetze des logiſchen Denkens?

A. Der Grundſatz des Widerſpruchs oder Widerſtreits (principium contradictionis s. repugnantiae); der Grundſatz der durchgängigen Gleichheit (princip. identitatis absolutum); der Grundſatz der Ausſchließung des Mittlern oder Dritten (pr. exclusi medii s. tertii) und der Grundſatz des zureichenden Grundes (pr. rationis sufficientis). Dieſe vier Grundſätze nimmt man gewöhnlich als die Grundgeſetze des Denkens an. Krug nennt den Grundſatz des Widerſpruchs auch den Grundſatz der Theſe, und ſetzt ihm noch einen Grundſatz der Antitheſe, dem Satz des zureichenden Grundes aber, den er auch Satz der Syntheſe nennt, einen Satz der verhältnißmäßigen oder beziehungsweiſen Gleichheit als Haupt-Denkgeſetze an die Seite.

F. Welches iſt der Grundſatz des Widerſpruchs?

A. Man kann ihn ſo ausdrücken: keinem Dinge kommen widerſprechende Merkmale zu, oder: jedem Dinge kommen nur einſtimmige Merkmale zu. Man nennt nämlich widerſprechende Merkmale ſolche, von denen das eine geradezu aufhebt, was das andere geſetzt hat, und die alſo nie in einem Dinge vereinigt gedacht werden können. Solche widerſprechenden Merkmale ſind z. B. grün und nicht grün; ſterblich und nicht ſterblich. Man kann dieſen Grundſatz auch ſo ausdrücken: Es läßt ſich kein A denken, das zugleich auch nicht A wäre; wenn man unter A überhaupt irgend ein Merkmal oder Ding, was für eins man nur immer will, verſteht.

F. Welches ſind Beiſpiele, die den Grundſatz des Widerſpruchs erläutern?

A. Nach dem Grundſatz des Widerſpruchs wird man nicht denken können, ein Ding ſey zugleich rund und auch nicht rund; ein Ding ſey zugleich ein Tiſch und auch kein Tiſch, ein Baum trage zugleich Früchte und keine Früchte.

Alles dieſes wären Widerſprüche, wo das eine Merkmal aufhöbe, was das andere geſetzt hat.

F. Wie nennt man das, was dem Satze des Widerſpruchs gemäß gedacht werden kann, oder wirklich gedacht wird?

A. Was nach demſelben gedacht werden kann, heißt logiſch möglich, und in ſofern es wirklich gedacht wird, logiſch wirklich oder ein logiſches Ding. Daß ein logiſches Ding aber nicht auch gleich als in der Erfahrungswelt ſich vorfindend vorausgeſetzt werden müſſe, iſt ſchon oben erwähnt. — Wer dem Satz des Widerſpruchs offenbar entgegen, mithin offenbare Widerſprüche denkt, von dem ſagt man, er denke ungereimt.

F. Was iſt noch beim Satz des Widerſpruches zu bemerken, damit er nicht mißverſtanden werde?

A. Es könnte von äußern Merkmalen, die bloße Verhältniſſe und Beziehungen ausdrücken, ſcheinen, als wenn ſich deren auch widerſprechende an einem Dinge vereinigt denken ließen. Z. B. man ſagt wohl von demſelben Menſchen: er iſt groß, und in gewiſſer Hin-

ſicht wieder: er iſt nicht groß. Aber das erſtemal betrachtet man ihn vielleicht im Verhältniß zu einer Ameiſe, das zweitemal im Verhältniß zu einem Elephanten; alſo hebt hier das eine Verhältniß keinesweges auf, was durch das andere geſetzt worden iſt: denn gegen die Ameiſe iſt der Menſch allerdings groß, gegen den Elephanten nicht groß, und der ſcheinbare Widerſpruch liegt alſo hier nur in dem Ausdruck, nicht in der Sache. Zu bemerken iſt ferner, daß der Satz des Widerſpruchs nur von derſelben Zeit und demſelben Raume gilt: denn ein Menſch kann z. B. heute luſtig und morgen nicht luſtig ſeyn; oder im Geſichte roth und an den Armen nicht roth. Dagegen iſt es ſchlechterdings unmöglich, ſich einen Menſchen zu denken, der zugleich luſtig und nicht luſtig, und an demſelben Flecke roth und auch nicht roth wäre.

F. Welches iſt der Grundſatz der durchgängigen Gleichheit oder Einerleiheit?

A. Man drückt ihn ſo aus: Jedes Ding iſt ſich ſelbſt gleich, oder: Jedes Ding ſtimmt mit ſich ſelbſt überein, oder auch: A iſt gleich A.

Weil nämlich ein Ding nur durch Merkmale gedacht werden kann, und die zusammengefaßten Merkmale erst den Begriff von dem ganzen Dinge ausmachen; so müssen auch die Merkmale eines gedachten Dinges und der Begriff von demselben vollkommen gleich seyn. Weiter besagt dieser Grundsatz nichts. Z. B. der Begriff: Kreis, und die Merkmale, Linie, überall gleichweit von einem Punkte entfernt, seyn, zusammengenommen, müssen ganz auf Eins hinauskommen; denn ich denke mir ja eben erst den Kreis; indem ich die genannten Merkmale zusammenfasse.

F. Welche Folgerungen kann man aus dem Grundsatz der Einerleiheit ziehen?

A. Das Ding, welchem alle Merkmale eines Begriffes zukommen, dem muß auch der Begriff selbst beigelegt werden, und welchem die Merkmale fehlen, dem kann auch der Begriff selbst nicht zukommen; ferner, was vom Merkmale eines Begriffes gilt, das gilt auch vom Begriffe selbst, und, sind die Merkmale verschieden, so ist auch der Begriff selbst verschieden.

F. Welches iſt der Grundſatz der Ausſchließung des Dritten oder Mittlern?

A. Man nennt ihn auch den Grundſatz der durchgängigen Beſtimmung und drückt ihn ſo aus: In wiefern ein Gegenſtand als durchgängig beſtimmt gedacht wird, muß ihm von allen möglichen geradezu entgegengeſetzten Merkmalen eins zukommen. Ein Ding muß alſo entweder als rund oder als nicht rund, als weiß oder als nicht weiß, als lebendig oder als nicht lebendig gedacht werden. Von ſolchen geradezu entgegengeſetzten oder widerſprechenden Merkmalen iſt der Verſtand allemal genöthigt, eins zu wählen, und einem Dinge beizulegen (beide zugleich darf er nach dem erſten Grundſatz nicht) und es giebt kein drittes oder mittleres Merkmal, was er etwa ſtatt eines von den beiden entgegengeſetzten in den Begriff aufnehmen könnte; daher auch der Name dieſes Grundſatzes. Man kann dieſen Grundſatz auch ſo ausdrücken: Jedem als durchgängig beſtimmt gedachten Gegenſtande muß jedes Merkmal entweder zukommen oder nicht.

F. Welches iſt das Geſetz des zureichenden Grundes?

A. Man drückt es ſo aus: Verknüpfe jedes zu Setzende mit einem Vorausgeſetzten als Grund, oder kürzer: Setze nichts ohne Grund. Nach dem vorigen Grundſatz nämlich muß zwar jedem Dinge von zwei widerſprechenden Merkmalen eins zukommen; der Verſtand darf aber keineswegs willkührlich eins davon dem Dinge beilegen, ſondern er muß durch etwas veranlaßt oder genöthigt werden, entweder das eine oder das andere: z. B. entweder grün oder nicht grün, lebendig oder nicht lebendig, dem Dinge beizulegen. Dieſes nun, was den Verſtand dazu veranlaßt, das eine Merkmal vorzugsweiſe vor dem andern zu ſetzen, heißt der Grund, und das, was von dieſem Grunde abhängt, die Folge. Dieſem Grundſatz gemäß verlangt man von jedem, der etwas behauptet, auch zu wiſſen, warum er es behauptet; und derjenige, der einem Dinge etwas beilegen wollte, ohne ſich einen Grund davon angeben zu können, würde gröblich gegen die Geſetze des Denkens verſtoßen. Daher muß man

auch bei Uebungen im Redestreit (Disputationen) sich nicht mit ja, ja, und nein, nein bekämpfen, sondern seine eigne Meinung durch Gründe vertheidigen, und die des Gegners durch Gründe zu widerlegen suchen. — Der logische Grund ist übrigens wohl von dem realen Grunde zu unterscheiden: der erstre giebt blos die Veranlassung, daß etwas so und nicht anders gedacht wird, der zweite aber, daß etwas wirklich auf eine bestimmte Art ist.

F. Welches ist der Grundsatz der Antithese?

A. Er läßt sich so ausdrücken: Unter entgegengesetzten Bestimmungen eines Dinges darfst du nur eine setzen, und wenn diese eine gesetzte ist, so mußt du die andere aufheben. Dieser Grundsatz der Antithese folgt aus dem Grundsatz der These oder des Widerspruchs.

F. Welches ist der Grundsatz der beziehungsweisen oder verhältnißmäßigen Gleichheit?

A. Er wird so ausgedrückt: Zwei Begriffe, die mit einem dritten einstimmen, oder zusammenhangen, stehen unter einander in demselben Verhältniß; oder auch, zwei Dinge, die

einem dritten gleichen, gleichen ſich ſelbſt. Wenn alſo das Ding A gleich dem Dinge X, und das Ding X gleich dem Dinge B iſt, ſo wird auch das Ding B gleich dem Dinge A ſeyn. Dieſer Satz hängt in ſo fern mit dem Satze des Grundes zuſammen, weil hier die Gleichheit des Dinges X mit dem Dinge A und dem Dinge B der Grund iſt, daß man auch A und B ſelbſt gleich ſetzt.

Viertes Kapitel.

Von den Begriffen im Allgemeinen.

F. Was iſt ein Begriff?

A. Ein Begriff (notio, conceptus) iſt eine mit Bewußtſeyn geſchehende Verknüpfung mehrerer gemeinſamer Merkmale oder Theilvorſtellungen zur Einheit eines Ganzen. Er wird gebildet durch Comparation (Vergleichung mehrerer Vorſtellungen), Abſtraktion (Abſehen von den verſchiednen Merkmalen derſelben), Reflexion (Hinſehen auf ihre gemeinſamen Merkmale); Determination (Aufnahme der gemeinſamen Merkmale in das zu bildende Ganze),

und Combination (Vereinigung der aufgenommenen Merkmale zum Ganzen), wie schon in der Einleitung erörtert. Uebrigens sind diese verschiednen Handlungen des Verstandes nicht in der Wirklichkeit so geschieden, als sie hier dargestellt werden; vielmehr fließen sie dort zusammen, und werden nur von uns der leichtern Betrachtungsart wegen, gesondert.

F. Was versteht man unter abstrakten und concreten Begriffen?

A. Denkt man einen Begriff ganz rein und abgesondert für sich, so nennt man ihn einen abstrakten Begriff; einen concreten aber, in wiefern man ihn noch mit andern Vorstellungen verknüpft, oder auf bestimmte Objekte bezogen denkt. So ist z. B. Tugend, schlechthin gedacht, ein abstrakter Begriff; dagegen, wenn ich mir einen tugendhaften Menschen denke, so denke ich mir den Begriff Tugend concret; indem ich ihn mit der Vorstellung Mensch, verknüpft denke, ihn auf diese beziehe. Eben so ist der Begriff der grünen Farbe, schlechthin gedacht, ein abstrakter Begriff; an einem Blatte aber gedacht, ist er

concret. — An ſich iſt jeder Begriff abſtrakt, denn er wird ja eben durch Abſtrahiren, Sondern, Wegſehen von den von ihm verſchiednen Vorſtellungen gebildet; er wird aber, indem man ihn in Beziehung denkt, concret; und in ſofern haben auch die Begriffe nur Nutzen für uns, als ſie concret gedacht, auf Objekte bezogen werden.

F. In welchen Hinſichten pflegt man die Begriffe zu betrachten, um ihre logiſche Natur deutlich zu machen?

A. In Hinſicht ihrer Quantität, ihrer Qualität, ihrer Relation und ihrer Modalität.

Fünftes Kapitel.

Von der Quantität der Begriffe.

F. Worin beſteht die Quantität eines Begriffs?

A. In der Menge der Vorſtellungen, die man durch ihn verknüpft denkt. Dieſe kann nun entweder Quantität des Umfangs oder Quantität des Inhalt's eines Begriffs ſeyn.

F. Was verſteht man unter Umfang und Inhalt eines Begriffs?

A. Den Umfang oder die Sphäre eines Begriffes (ambitus s. sphaera notionis) machen alle diejenigen Dinge aus, auf die der Begriff als ein Merkmal bezogen werden kann; dagegen der Inhalt eines Begriffs (complexus notionis) in denjenigen Vorſtellungen beſteht, die in demſelben als vereinigt gedacht werden.

F. Welches ſind Beiſpiele hierzu?

A. Von dem Begriffe Menſch, bilden den Umfang die Europäer, Aſiaten, Afrikaner, Amerikaner und Südindier: denn auf alle dieſe kann der Begriff Menſch als Merkmal bezogen werden; dagegen machen den Inhalt des Begriffes Menſch aus, die Vorſtellungen Kopf, Bruſt, Bauch, Hände und Füße, Verſtand, Vernunft, Sprache u. ſ. w., weil alle dieſe Merkmale den Begriff Menſch erſt zuſammenſetzen. So werden den Umfang des Begriffes Baum bilden die Eiche, die Buche, die Tanne, die Obſtbäume u. ſ. w. dagegen ſeinen Inhalt die Wurzel, der Stamm, die Blätter u. ſ. w.

F. Was heißt, unter einem Begriffe, und in einem Begriffe enthalten ſeyn?

A. Von den Dingen, die den Umfang eines Begriffes ausmachen, auf die der Begriff mithin als Merkmal bezogen werden kann, ſagt man: ſie ſind unter dem Begriffe enthalten, von den Dingen dagegen, die den Inhalt eines Begriffs ausmachen, ſie ſind in dem Begriffe enthalten. So ſind im obigen Falle Eiche, Buche, Tanne unter dem Begriff Baum enthalten; dagegen Wurzel, Stamm, Blätter in dem Begriff deſſelben. Sich einen Begriff unter einem andern vorſtellen, heißt, ihn darunter ſubſumiren.

F. In welchem Verhältniß ſtehn Inhalt und Umfang der Begriffe hinſichtlich ihrer Quantität zu einander?

A. Je größer der Umfang eines Begriffes iſt, deſto kleiner iſt ſein Inhalt und umgekehrt. Z. B. der Umfang des Begriffes Menſch iſt größer, als der Umfang des Begriffes Neger: denn es ſind unter dem Begriffe Menſch außer den Negern noch viele andre Arten Men-

schen enthalten; dagegen ist der Inhalt des Begriffes Neger größer, als der des Begriffes Mensch: denn dem Neger müssen außer den übrigen Merkmalen eines Menschen auch noch die schwarze Hautfarbe, das wollige Haar u. s. w. zukommen. Eben so ist der Umfang des Begriffes Figur größer als der des Begriffes Dreiecke; denn er enthält unter sich, oder kann als Merkmal darauf bezogen werden, nicht nur alle Dreiecke, sondern auch Vierecke, Fünfecke, runde Figuren u. s. w. Dagegen ist der Inhalt des Begriffes Dreieck größer, als der des Begriffes Figur: denn er enthält außer dem Merkmal des in Gränzen eingeschlossenen Raum's, welches der Figur zukommt, auch noch das, daß diese Gränzen von drei Linien gebildet werden, nebst vielen andern, daraus abzuleitenden. — Der Grund dieses Verhältnisses zwischen Umfang und Inhalt eines Begriffes liegt darin, daß, wenn man mehrere Merkmale in den Inhalt eines Begriffs aufnimmt, alle diejenigen Dinge von dem Umfange desselben ausgeschlossen werden müssen, denen dieses Merkmal nicht zukommt. Nähme man z. B.

in den Begriff Menſch auch das Merkmal der weißen Farbe auf, vergrößerte alſo die Quantität ſeines Inhalts, ſo würde dann dieſer Begriff Menſch nicht mehr auf die Neger bezogen werden können, und indem man dann dieſe von dem Begriffe ausſchlöſſe, würde der Umfang deſſelben ſich vermindern.

F. Was verſteht man unter einfachen und zuſammengeſetzten Begriffen, Einzelbegriffen und gemeinſamen Begriffen?

A. Ein einfacher Begriff (notio simplex) iſt derjenige, deſſen Inhalt ſo klein iſt, daß er nur aus einem einzigen Merkmale beſteht, und daß man ihn durch keine Zergliederung in mehrere Vorſtellungen zerlegen kann; ein zuſammengeſetzter (not. composita) dagegen iſt ein ſolcher, wo eine ſolche Zerlegung in mehrere Merkmale oder Vorſtellungen noch ſtatt findet. Aus dem Obigen ergiebt ſich, daß einfache Begriffe verhältnißmäßig den größten Umfang haben müſſen. Ein Einzelbegriff (notio individualis) iſt ein Begriff, deſſen Umfang ſo klein iſt, daß er keine anderweiten Vorſtellungen mehr unter ſich befaßt; ein all-

gemeiner oder gemeinsamer (not. universalis) dagegen, unter dem noch Vorstellungen enthalten sind. Einzelbegriffe müssen verhältnißmäßig den größten Inhalt haben.

F. Welches sind Beispiele, die dieß erläutern?

A. Der Begriff des Seyns ist ein einfacher Begriff, den man schlechterdings nicht in mehrere Merkmale zergliedern kann; aber eben wegen seiner Inhaltlosigkeit hat er den ausgedehntesten Umfang: denn man kann auf alle Dinge das Merkmal des Seyns oder der Existenz beziehen. Der Begriff der Bewegung ist schon ein zusammengesetzter: denn man kann darin die Merkmale von Veränderung von Zeitlichseyn und von Räumlichseyn unterscheiden, da Bewegung eine in der Zeit vorgehende räumliche Veränderung ist. Die Bewegung hat aber auch schon einen kleinern Umfang; denn man kann sie nicht auf alle Dinge als Merkmal beziehn. — Ein Einzelbegriff ist der Begriff von einem bestimmten Wesen, z. B. einer bestimmten Pflanze, einem bestimmten Thiere, der aber deßhalb doch nicht mit einer Anschauung ver-

wechſelt werden darf, weil er nicht unmittelbar auf den einzelnen Gegenſtand bezogen wird, nicht durch deſſen unmittelbare Einwirkung auf die Sinnlichkeit, ſondern mittelbar erſt im Verſtande, durch Verknüpfung ſeiner einzelnen Merkmale entſteht. Ein gemeinſamer Begriff iſt jeder Begriff, den man auf verſchiedne Gegenſtände beziehen kann.

F. Was verſteht man unter Artbegriffen und unter Gattungsbegriffen?

A. Beide Benennungen beziehen ſich auf den Umfang der Begriffe. Ein Artbegriff (notio specialis) iſt derjenige, der blos Einzeldinge unter ſich enthält; ein Gattungs- oder Geſchlechtsbegriff (notio generalis) dagegen ein Begriff, der Artbegriffe unter ſich enthält. So iſt der Begriff Lilie ein Artbegriff; denn ſein Umfang enthält blos Einzeldinge, nämlich alle einzelnen Lilien unter ſich; dagegen der Begriff Pflanze iſt ein Gattungsbegriff; denn er enthält die Artbegriffe Lilie, Roſe, Nelke u. ſ. w. unter ſich. Die Gattungsbegriffe werden in niedere und höhere unterſchieden. Nämlich mehrere Gattungsbe-

griffe können wieder unter einem andern Gattungsbegriffe enthalten seyn, und dieser heißt denn der höhere Gattungsbegriff; so werden die Gattungsbegriffe Insect, Fisch, Vogel u. s. w. unter dem höhern Gattungsbegriff Thier begriffen seyn; und die Gattungsbegriffe Thier und Pflanze unter dem noch höhern: organisches Geschöpf. — Der höchste Gattungsbegriff ist der, welcher alle andere Gattungsbegriffe unter sich enthält, und er muß deßhalb den größten Umfang aber den kleinsten Inhalt haben, damit er auf alle möglichen Gegenstände als Merkmal bezogen werden könne, sie mithin unter sich fasse. Indeß nennt man beziehungsweise höchste Gattungsbegriffe auch solche, die nur in einer besondern Reihe von Dingen höchste sind. So ist für alle einzelnen Menschenracen der Begriff Mensch der höchste Gattungsbegriff, obgleich er eigentlich selbst unter dem Begriff eines organischen Wesens steht.

F. Wie benennen Naturforscher die niedern und höhern Gattungen?

A. Die Gattung die zunächst mehrere niedre Gattungen unter sich enthält, wird Ord-

nung genannt, die mehrere Ordnungen unter ſich enthält, Klaſſe, und die mehrere Klaſſen unter ſich enthält, ein Reich der Natur.

F. Was ſind Zwiſchengattungen, nächſte Gattungen und entfernte Gattungen?

A. Zwiſchengattungen (genera media) ſind die, welche höher als die eine, aber niederer als die andre Gattung ſind, alſo zwiſchen ihnen inne ſtehn. Z. B. Baum iſt eine Zwiſchengattung zwiſchen Obſtbaum und Pflanze: denn er iſt höher als die Gattung der Obſtbäume, niederer als die Gattung Pflanze; jene enthält er unter ſich; unter dieſer iſt er ſelbſt enthalten. — Die Gattung, unter der eine Art unmittelbar ſteht, nennt man für dieſe die nächſte (genus proximum); diejenige aber, unter welcher ſie nur mittelbar, durch Zwiſchengattungen ſteht, eine entfernte (genus remotum).

F. Was verſteht man unter Unterordnung und Beiordnung der Begriffe?

A. Untergeordnete Begriffe (notiones subordinatae) ſind ſolche, die unter einem andern Begriff enthalten ſind. So ſind z. B. die Begriffe Vogel, Fiſch, dem Begriffe Thier

untergeordnet. Daher sind alle Arten der Gattungen und alle niedern Gattungen den höhern untergeordnet. Der Begriff, welcher dem andern untergeordnet ist, heißt der niedere oder engere (inferior s. angustior); derjenige aber, welcher den andern unter sich enthält, der obere oder weitere (superior s. latior). Mensch ist also ein höherer Begriff als Neger und Kalmuck; Pflanze ein höherer als Baum und Kraut. Der höhere Begriff schließt den niedern allemal ein. — Beigeordnete Begriffe (not. coordinatae) sind solche, die beide zugleich in oder unter einem dritten Begriff enthalten sind. So sind Insect und Fisch beigeordnete Begriffe, denn sie sind beide unter dem Begriff Thier enthalten; auch Blatt und Wurzel sind beigeordnete Begriffe: denn sie sind in dem Begriff Pflanze enthalten. Einander beigeordnete Begriffe können einander nicht zugleich untergeordnet seyn und umgekehrt. Je nachdem beigeordnete Begriffe Gattungen oder Arten sind, nennt man sie Nebengattungen oder Nebenarten. So sind Nagethiere und wiederkäuende Thiere Nebengattungen; Maus,

tung, Nebenarten. — Der weiteſte Begriff iſt zugleich der höchſte Gattungsbegriff, hat den größten Umfang, läßt ſich keinem andern unterordnen, noch beiordnen, hat aber alle unter ſich untergeordnet.

F. Welche Geſetze gelten hinſichtlich der höhern und niedern Begriffe?

A. Was dem höhern Begriffe zukommt oder widerſpricht, das kommt auch zu oder widerſpricht allen unter ihm ſtehenden niedern Begriffen; oder anders ausgedrückt: was der ganzen Sphäre eines Begriffs zukommt oder widerſpricht, kommt zu oder widerſpricht auch allen Theilen dieſer Sphäre. Ferner: Was allen niedern Begriffen zukommt oder widerſpricht, das kommt auch zu oder widerſpricht ihrem höhern Begriffe. Das erſte Geſetz ergiebt ſich aus der, aus dem Satz der durchgängigen Gleichheit (ſ. S. 37) gezogenen Folgerung, daß dasjenige, was vom Merkmale eines Begriffs gilt, auch vom Begriff ſelbſt gelten muß: denn der höhere Begriff iſt eben ein ſolcher, der alle niedern unter ſich enthält, und alſo als Merkmal auf ſie muß bezogen werden können. Das

andre Geſetz ergiebt ſich daraus; daß der höhere Begriff eben durch Verknüpfung der gemeinſamen Merkmale ſeiner niedern Begriffe entſteht; mithin, was allen niedern Begriffen gemeinſam iſt, ſich nothwendig im höhern Begriffe auch finden muß. — Uebrigens können ſich viele Merkmale an niedern Begriffen befinden, die den höhern nicht zukommen; denn eben wegen ihres geringern Umfangs iſt ihr Inhalt größer.

Sechſtes Kapitel.

Von der Qualität der Begriffe.

F. Was wird bei der Qualität der Begriffe erwogen?

A. Der Grad des Bewußtſeyns, mit welchem die in einem Begriffe verknüpften Vorſtellungen gedacht werden. Hiernach unterſcheidet man klare, deutliche, ausführliche und vollſtändige oder vollkommne Begriffe.

F. Worin beſteht die Klarheit (claritas) eines Begriffes?

A. In demjenigen Grade des Bewußtſeyns der Merkmale eines Begriffs, vermöge

deſſen man fähig iſt, ſeinen Gegenſtand von andern Gegenſtänden überhaupt zu unterſcheiden. Je nachdem nun die Zahl der Dinge, von denen der Gegenſtand des Begriffs unterſchieden werden kann, groß oder klein iſt, je nachdem iſt auch die Klarheit des Begriffs davon größer oder kleiner. Das Gegentheil eines klaren Begriffs iſt ein dunkler (not. obscura). So haben viele Menſchen nur dunkle Begriffe von dem, was Philoſophie, was Logik iſt; d. h. ſie wiſſen dieſe Wiſſenſchaften nicht gehörig von andern zu unterſcheiden. Einen Begriff klar und deutlich machen, nennt man, ihn entwikkeln.

F. Was verſteht man unter Deutlichkeit (perspicuitas) der Begriffe?

A. Denjenigen Grad des Bewußtſeyns der Merkmale eines Begriffes, vermöge deſſen man im Stande iſt, eben dieſe Merkmale wieder von einander zu unterſcheiden. Die Deutlichkeit eines Begriffes iſt alſo eigentlich nichts anders, als die Klarheit ſeiner Merkmale, und hat ebenfalls verſchiedne Grade. Das Gegentheil der Deutlichkeit iſt die Undeutlichkeit

(imperspicuitas) welche man auch Verwor-renheit (confusio) nennt, wenn man die Merkmale eines Begriffes auch nicht einmal bestimmt von einander sondern kann. Ein klarer Begriff braucht deßhalb noch nicht deutlich zu seyn. So kann ich die Philosophie zwar von den übrigen Wissenschaften hinlänglich zu unterscheiden wissen, dennoch aber vielleicht nicht die Merkmale angeben, die das Wesen der Philosophie ausmachen, weil ich sie nicht zu trennen und zu unterscheiden weiß. In diesem Fall habe ich also einen klaren aber keinen deutlichen Begriff von der Philosophie. — Umgekehrt aber muß ein deutlicher Begriff allemal klar seyn: denn Begriffe lassen sich nur durch das Bewußtseyn verschiedner Merkmale in ihnen unterscheiden; und dieß Bewußtseyn ist bei der Deutlichkeit nothwendig noch stärker, als bei der bloßen Klarheit.

F. In welchen Beziehungen kann man die Deutlichkeit der Begriffe betrachten?

A. Die Deutlichkeit eines Begriffes kann sich sowohl auf den Inhalt, als auch auf den Umfang eines Begriffes beziehen. Jene, die

auch die intenſive oder analytiſche Deutlichkeit heißt, wird hervorgebracht durch Zergliederung eines Begriffes in die Merkmale aus denen er zuſammengeſetzt iſt und Entwicklung derſelben; dieſe, die extenſive oder ſynthetiſche Deutlichkeit, durch Unterſcheidung der niedern Begriffe, welche unter dem höhern enthalten ſind. Jenes geſchieht durch Erklärungen, dieſes durch Eintheilungen. Geſetzt, der Begriff der Philoſophie wäre mir klar geworden, ſo daß ich dieſelbe von allen andern Wiſſenſchaften zu unterſcheiden wüßte, ich wollte nun aber auch, daß er mir extenſiv und intenſiv deutlich würde; ſo würde ich hinſichtlich ſeines Umfangs die verſchiednen Wiſſenſchaften zu unterſcheiden ſuchen, die unter dem Begriff Philoſophie enthalten ſind; alſo zuvörderſt die theoretiſche und praktiſche Philoſophie; ſollte er mir extenſiv noch deutlicher werden, ſo würde ich in der theoretiſchen Philoſophie die Logik, Methaphyſik und Aeſthetik; in der praktiſchen die Rechtslehre, die Sittenlehre und die Religionslehre zu unterſcheiden mich bemühen; um die Deutlichkeit noch weiter zu treiben, würde ich in je-

der dieſer Wiſſenſchaft wieder den reinen Theil vom angewandten zu unterſcheiden ſuchen, u. ſ. f. auf dieſe Art würde ich die Philoſophie extenſiv oder ſynthetiſch deutlich machen oder ſie eintheilen. Damit mir nun aber auch der Begriff Philoſophie intenſiv oder analytiſch deutlich würde, würde ich ihn in ſeine Merkmale zerlegen; daß die Philoſophie eine Wiſſenſchaft iſt und daß ſie nach den letzten Gründen und Zwecken der menſchlichen Erkenntniß und Thätigkeit forſcht. Um einen noch höhern Grad der intenſiven Deutlichkeit zu erlangen, würde ich mir die Begriffe Wiſſenſchaft, Erkenntniß, Thätigkeit, Grund, Zweck von Neuem zergliedern, und ſo durch fortgeſetztes Zergliedern zu immer höhern Graden der Deutlichkeit gelangen, mit den Begriff immer mehr erklären. — Einfache Begriffe können keine intenſive Deutlichkeit, obſchon Klarheit, beſitzen: da ſie keine Mannichfaltigkeit von Merkmalen in ſich enthalten: deßhalb laſſen ſich einfache Begriffe, wie der des Seyns, auch nicht erklären: Einzelbegriffen dagegen kann keine extenſive Deutlichkeit zu kommen, da ſie keine Mannichfaltigkeit von Dingen

unter ſich enthalten, und ſie laſſen ſich daher auch nicht eintheilen. — Die Deutlichkeit, von der hier die Rede geweſen iſt, heißt die logiſche, intellektuelle oder diskurſive, zum Unterſchied von der ſinnlichen oder äſthetiſchen, welches ein Anſchaulich machen deſſen, was allgemein vorgeſtellt worden iſt, durch Beiſpiele iſt, wie dieß z. B. in dieſem Büchlein häufig geſchieht.

F. Was verſteht man unter Ausführlichkeit und Vollſtändigkeit oder Vollkommenheit der Begriffe?

A. Beide ſind höhere Grade der Deutlichkeit. Die Ausführlichkeit eines Begriffes nämlich beſteht in demjenigen Grade des Bewußtſeyns ſeiner Merkmale, vermöge deſſen man im Stande iſt, eben dieſe Merkmale von neuem zu zergliedern, mithin in der Deutlichkeit der Merkmale ſelbſt. So iſt in dem obigen Beiſpiele der Begriff Philoſophie ausführlich hinſichtlich ſeines Umfangs zergliedert. Da man die Zergliederung der Merkmale eines Begriffs immer weiter fortſetzen kann, ſo hat auch die Ausführlichkeit ihre Grade. Der höchſte Grad der logiſchen Ausführlichkeit iſt die Voll-

ſtändigkeit oder Vollkommenheit der Begriffe, der dann ſtatt findet, wenn man durch fortgeſetzte Zergliederung auf ſolche Begriffe gekommen iſt, die ſich nicht weiter zergliedern laſſen; hinſichtlich des Inhalts auf einfache, hinſichtlich des Umfangs auf Einzelbegriffe.

Siebentes Kapitel.

Von der Relation und Modalität der Begriffe.

F. Worin beſteht die Relation der Begriffe?

A. In denjenigen Beſtimmungen der Begriffe, welche ihnen nur in Rückſicht auf andre Begriffe zukommen; alſo in dem gegenſeitigen Verhältniß derſelben. Dieß Verhältniß nun kann von vierfacher Art ſeyn; es betrifft nämlich die Einerleiheit und Verſchiedenheit, die Einſtimmung und den Widerſtreit, das Innere und Aeußern, die Materie und Form der Begriffe.

F. Welche Begriffe nennt man **einerlei** oder **identiſch**?

A. Solche, welche alle Merkmale mit einander gemein haben. — **Aehnliche** oder

verwandte Begriffe (not. cognatae) ſind die, welche zwar nicht alle, aber doch viel Merkmale gemein haben. Verſchieden heißen Begriffe in Hinſicht der Merkmale, die ihnen nicht gemeinſam ſind. — Begriffe, die völlig einerlei oder identiſch ſind, heißen auch Wechſelbegriffe; weil man willkührlich einen ſtatt des andern ſetzen kann. Sie können nur in ſo fern mehrere Begriffe ausmachen, als ſie entweder von verſchiednen Menſchen, oder von denſelben Menſchen zu verſchiednen Zeiten, oder als Merkmale an verſchiedenen Dingen gedacht werden: denn ſonſt würden ſie nur einen und denſelben Begriff ausmachen.

F. Was verſteht man unter einſtimmigen und widerſtreitenden Begriffen?

A. Einſtimmige (consentientes, convenientes) ſind ſolche, die ſich in der Vorſtellung eines Gegenſtandes mit einander verbinden laſſen. Widrigenfalls werden ſie entgegengeſetzt oder widerſtreitend im weitern Sinne genannt. Die Entgegenſetzung kann nun entweder unmittelbar oder mittelbar ſtatt finden. Im erſten Falle heißt ſie auch die

reine oder vollendete Entgegenſetzung (oppositio contradictoria, diametralis s. per simplicem negationem), und die auf dieſe Art entgegengeſetzten Begriffe: widerſprechende, contradiktoriſch, negativ, direkt oder gerade zu entgegengeſetzte Begriffe. Sie findet Statt, wenn der eine der entgegengeſetzten Begriffe ſchlechthin eine Verneinung deſſen enthält, was im andern Begriff geſetzt worden iſt. Von unmittelbar entgegengeſetzten Begriffen (not. contrariae, s. contrarie oppositae, oppositae per positionem alterius) die man auch conträr, poſitiv oder indirekt entgegenſetzt nennt, hebt der eine den andern nicht durch bloße Verneinung, ſondern ſelbſt durch eigne poſitive Merkmale auf. Von widerſprechenden Begriffen finden allemal blos zwei Statt, und einer davon muß jedem Gegenſtande zukommen nach dem Geſetz der Ausſchließung des Mittlern. Von blos widerſtreitenden Begriffen können mehr als zwei Statt finden, und ſie laſſen ſich auch alle von einem Gegenſtand wegdenken.

F. Welches ſind Beiſpiele zur Erläuterung des Vorigen?

A. Rund und weiß sind einstimmige Begriffe; denn sie lassen sich in jeder Vorstellung vereinigen, wenn ich mir ein Ding rund denke, so wird dadurch nicht im Mindesten verhindert, daß ich es mir auch noch weiß dabei denke. Rund und nicht rund aber oder weiß und nicht weiß, sind widersprechende oder direkt entgegengesetzte Begriffe, weil der eine geradezu verneint, was der andre setzt; es kann nur einer von beiden in einer und der nämlichen Vorstellung gedacht werden; beide zugleich aber wegdenken, kann man nicht. Rund und viereckig oder traurig und glücklich sind widerstreitende Begriffe, denn dadurch, daß ich etwas als rund setze, hindre ich, daß es nicht zugleich als viereckig gesetzt werden kann; derselbe Fall ist bei traurig und glücklich.

F. Worin besteht das Innre und Aeußre eines Begriffes?

A. Das Innre eines Begriffs besteht in seinen wesentlichen Merkmalen; das Aeußre dagegen in seinen außerwentlichen, die entweder Beschaffenheiten (affectiones) oder Verhältnisse (relationes) sind. So gehört zum Innern

des Begriffs Thier; daß es ein organisches Wesen ist, daß es sich aus freier Willkühr bewegt, und seine Nahrung von freien Stücken sucht; zum Aeußern dagegen des Begriffes Thier gehört das Merkmal der vier Füße, oder des Lebens auf dem Lande.

F. Was versteht man unter Materie und Form der Begriffe?

A. Die Materie des Begriffes besteht in denjenigen Vorstellungen, die durch denselben zur Einheit verknüpft sind, die Form aber in der Art und Weise ihrer Verbindung. Da die Logik von dem, was durch die Begriffe vorgestellt wird, ganz absieht, so gehört eine nähere Betrachtung der Materie der Begriffe nicht in dieselbe.

Achtes Kapitel.

Von den Urtheilen im Allgemeinen.

F. Was ist ein Urtheil?

A. Ein Urtheil (judicium) ist die Bestimmung des Verhältnisses oder der Beziehung, die zwischen gegebnen Vorstellungen statt fin-

det; und heißt, durch Worte ausgedrückt, ein Satz (propositio, enuntiatio). Sage ich z. B. der Mensch ist sterblich, so bestimme ich hier die Beziehung zwischen Mensch und Sterblichkeit und urtheile also.

F. Was kann man an jedem Urtheil unterscheiden?

A. Materie und Form. Die Materie des Urtheils nämlich machen die Vorstellungen aus, zwischen denen man sich das Verhältniß denkt, wie oben Mensch und Sterblichkeit; die Form aber besteht in der Art und Weise, wie das Verhältniß zwischen diesen Vorstellungen gedacht wird. Die Logik sieht von der Beschaffenheit der Materie der Urtheile ganz ab und betrachtet als formale Denklehre blos die Form derselben.

F. In welchen Hinsichten pflegt man die Urtheile zu betrachten, um sie ihrer Form nach kennen zu lernen?

A. Wie die Begriffe in Hinsicht ihres Quantität, Qualität, Relation und Modalität. Die Quantität bestimmt den Umfang des Subjekts in einem Urtheil, die Qualität die Be-

schaffenheit des Prädikats; die Relation die Art der Verknüpfung selbst zwischen den zu einem Urtheil gegebnen Vorstellungen, und die Modalität das Verhältniß, in dem die Urtheile zu unserm Erkenntnißvermögen stehn. Am schicklichsten ist es, die Relation bei Betrachtung der Urtheile zum Grunde zu legen.

F. Wie unterscheidet man die Urtheile hinsichtlich ihrer Relation?

A. In kategorische, hypothetische und disjunktive.

Neuntes Kapitel.

Von den kategorischen Urtheilen.

F. Was versteht man unter einem kategorischen Urtheil?

A. Ein kategorisches Urtheil (Beilegungsurtheil) ist dasjenige, in welchem der eine Begriff als (bejahendes oder verneinendes) Merkmal auf den andern bezogen wird. Solche Urtheile nennt man häufig auch Urtheile schlechthin. Das obige Urtheil: der Mensch ist sterblich, ist ein kategorisches; denn der Begriff

Sterblichkeit wird darin als Merkmal auf den Begriff Mensch bezogen. Alle Urtheile, die nicht selbst kategorisch sind, sind wenigstens aus kategorischen zusammengesetzt, und durch die eigenthümliche Verknüpfungsart derselben gehn erst die hypothetischen und disjunktiven Urtheile hervor. Auch die Quantität und Qualität der Urtheile bezieht sich zunächst blos auf kategorische.

F. Was versteht man unter Subjekt, Prädikat und Copula in einem kategorischen Urtheil?

A. Subjekt nennt man diejenige Vorstellung, auf welche die andre als Merkmal bezogen wird; Prädikat aber, das, was auf das Subjekt als Merkmal bezogen wird. So ist oben Mensch das Subjekt, sterblich das Prädikat. Das Subjekt wird in einem Satze gewöhnlich vorangesetzt, kann aber auch, ohne in dessen Wesen etwas zu ändern, hinter das Prädikat gesetzt werden, z. B. Sterblich ist der Mensch, wo dann der Satz ein versetzter heißt. Die Copula oder das Verbindungswörtchen in kategorischen Urtheilen ist eigentlich nichts anders

als das Wörtchen ist, obgleich es oft nur versteckt darin enthalten ist. Z. B. der Satz: der Mensch hat Verstand heißt logisch entwickelt: der Mensch ist ein Verstand habender. — Oft sind Copula und Prädikat in einem Worte verschmolzen. Z. B. der Mensch denkt; welches so viel ist, als der Mensch ist ein denkender. Manche Sätze scheinen gar kein Subjekt zu haben, z. B. es donnert, es regnet. Indeß muß man doch hier das Prädikat sich wenigstens mit einem unbestimmten Subjekt verknüpft denken. Solche Sätze heißen logisch unvollkommne.

F. Wie viel kategorische Urtheilsformen giebt es hinsichtlich der Quantität?

A. Drei. Nämlich das Prädikat ist entweder nur mit einem einzelnen Subjekt verbunden, oder mit vielen Subjekten einer gewissen Art, oder mit allen Subjekten einer gewissen Art. Im ersten Fall heißt das Urtheil ein einzelnes oder individuales, im zweiten ein besondres oder particulares; im dritten ein allgemeines oder universales, Guttenberg erfand die Buchdruckerkunst ist ein einzelnes Urtheil; viele Menschen leben des Es-

ſens halber, ein beſondres; alle Thiere ſind unvernünftig, ein allgemeines. Zeichen, welche den Umfang des Subjekts anzeigen, ſind für die einzelnen Urtheile die Fürwörter dieſer, derjenige, derſelbe u. ſ. w.; für die beſondern: manche, einige, viele, mehrere u. ſ. w.; für die allgemeinen alle, jede, keine u. ſ. w. Bezeichnete Urtheile ſind ſolche, wo das Subjekt ein Umfangszeichen dieſer Art an ſich hat, unbezeichnete, wo es fehlt. Beſtimmte Urtheile (jud. determinata) nennt man die allgemeinen und einzelnen Urtheile; unbeſtimmte (indeterminata) die beſondern.

F. Wie viel kategoriſche Urtheilsformen giebt es hinſichtlich der Qualität?

A. Ebenfalls drei: bejahende oder affirmative, verneinende oder negative und unendliche, beſchränkende oder limitative. In den bejahenden Urtheilen wird das Prädikat als wirklich in den Inhalt des Subjekts aufgenommen, oder, was daſſelbe iſt, das Subjekt als in die Sphäre oder den Umfang des Prädikats gebracht vorgeſtellt; in den verneinenden Urtheilen wird das Subjekt außer der

Sphäre des Prädikats gedacht; in den unendlichen wird es in die Sphäre eines Begriffs, die außerhalb der Sphäre eines andern liegt, gesetzt; oder, was dasselbe sagt, durch Verneinung eines Merkmals wird ein andres in den Inhalt des Subjekts gesetzt.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Affirmative Urtheile sind: der Löwe ist stark; die Pflanze ist grün: denn in beiden Fällen wird das Subjekt in die Sphäre oder den Umfang des Prädikats, Stärke und grüne Farbe; oder diese als Merkmale in den Inhalt der Begriffe Löwe und Pflanze aufgenommen. Negative Urtheile dagegen sind: das Gold ist nicht weiß, die Sonne läuft nicht um die Erde; denn hier wird das Subjekt vom Umfang des Prädikats oder das Prädikat vom Inhalt des Subjekts ausgeschlossen. Limitative Urtheile sind: die menschliche Seele ist unsterblich; das Kleid ist unbeschädigt. Hier bringe ich das Subjekt durch Verneinung der Sterblichkeit in die Sphäre des ewigen Lebens; das Kleid durch Verneinung der Beschädigung unter die Sphäre des Ganzseyns. — Das limitative

Urtheil iſt alſo vom negativen in ſo fern unterſchieden, als bei erſterm das Subjekt von der Sphäre eines bejahenden Merkmals ausgeſchloſſen, aber nicht in die Sphäre eines andern bejahenden Merkmals gebracht; bei letztern aber eben durch die Ausſchließung aus der Sphäre eines bejahenden Merkmals in die eines andern bejahenden geſetzt wird.

F. Welche kurze Bezeichnung hat man den kategoriſchen Urtheilen hinſichtlich ihrer Quantität und Qualität gegeben?

A. Man hat ſie mit den vier erſten Vokalen bezeichnet; ſo daß A ein allgemeines und zugleich bejahendes; E ein allgemeines und zugleich verneinendes, I ein beſondres und zugleich bejahendes, O ein beſondres und zugleich verneinendes Urtheil ausdrückt. Daher der lateiniſche Vers:

Asserit A, negat E sed universaliter ambo;
Asserit I, negat O sed particulariter ambo.

Die limitativen und einzelnen Urtheile ſind hierbei aus der Acht gelaſſen; weil für die Schlüſſe, derentwegen dieſe kurze Bezeichnungsart gewählt iſt, die einzelnen Urtheile dem allgemeinen und

die limitativen den bejahenden gleich geschätzt werden: Beispiele zu dieser Bezeichnungsart sind:

A. Alle Thiere sind organische Wesen.

E. Kein Thier kann ohne Nahrung leben.

I. Manche Menschen sind gelehrt.

O. Viele Menschen sind nicht gelehrt.

F. Was ist von der Modalität der kategorischen Urtheile zu bemerken?

A. Sie bestimmt ebenfalls drei Urtheilsformen: die problematische, assertorische und apodiktische. In der ersten wird die Beziehung zwischen Subjekt und Prädikat blos als denkbar vorgestellt; in der andern wirklich vorgenommen und als geschehen vorgestellt; in der dritten als nothwendig vorgenommen. Beispiele von problematischen Urtheilen sind: das Leben des Menschen kann über hundert Jahr dauern; der Krieg wird vielleicht bald ausbrechen; von assertorischen: das Leben ist kurz; der Krieg ist ausgebrochen; von apodiktischen: der Mensch muß sterben; der Krieg muß ausbrechen.

F. Lassen sich wohl noch andre wesent-

liche Unterſchiede, außer den hinſichtlich der Quantität, Qualität und Modalität erwähnten, an den kategoriſchen Urtheilsformen entdecken?

A. Die weſentlichen Formen der kategoriſchen Urtheile ſind ganz durch dieſe Betrachtungsweiſen erſchöpft. In ſo fern indeß, als die Urtheile durch Worte ausgedrückt, alſo zu Sätzen werden, kann man noch verſchiedne Formen an ihnen unterſcheiden, die ſich durch folgendes Schema darſtellen laſſen. Die Sätze ſind:

1) einfach (propositiones simplices)
2) zuſammengeſetzt (prop. compositae)
   a) offenbar zuſammengeſetzte
      α) Verbindungsſätze
      β) Vergleichungsſätze
   b) Verſteckt zuſammengeſetzte
      α) Ausſchließungsſätze
         a) excluſiv in engerm Sinne
         b) exceptiv
      β) Einſchränkungsſätze
         a) reſtriktiv in engerm Sinne
         b) reduplicativ.

F. Wie unterſcheiden ſich die einfachen von den zuſammengeſetzten Sätzen?

A. Ein Satz iſt einfach, in dem das Subjekt ſowohl als das Prädikat blos aus Einem Hauptbegriffe beſteht, wenn auch die Begriffe des Subjekts und Prädikats nicht einfach ſind, und der Satz partikular oder univerſal iſt; dagegen wenn Subjekt oder Prädikat oder beide mehrfach ſind, heißt der Satz zuſammengeſetzt, weil er im Grunde aus mehrern Urtheilen beſteht; weßhalb man ihn auch exponibel im weitern Sinne nennt, und iſt die Zuſammenſetzung eine verſteckte, exponibel im engen Sinne.

F. Welches ſind Beiſpiele hierzu?

A. Einfache Sätze ſind: der Knabe iſt gelehrig; die Menſchen lieben das Vergnügen. Ein zuſammengeſetzter Satz iſt: die Menſchen und Thiere ſind lebendige Geſchöpfe; denn eigentlich beſteht er aus den beiden Sätzen: die Menſchen ſind lebendige Geſchöpfe; die Thiere ſind lebendige Geſchöpfe. Eben ſo: das Glas iſt zerbrechlich und durchſichtig, heißt, logiſch ent-

wickelt: das Glas iſt zerbrechlich; das Glas iſt durchſichtig.

F. Was ſind Verbindungs-, oder copulative Sätze und Vergleichungs- oder comparative Sätze; in die man die offenbar zuſammengeſetzten theilt?

A. In den copulativen Sätzen ſind mehrere Subjekte oder Prädikate mit einander verbunden; in den comparativen wird einem Dinge ein Merkmal in höheren Grade beigelegt, als einem andern. Beiſpiele von copulativen Sätzen ſind die in voriger Antwort angeführten; comparative Sätze ſind: der Tiger iſt grauſamer als der Löwe; das Kind iſt ſchwächer als der Mann. Dieſe Sätze würden entwickelt heißen: der Löwe iſt grauſam; der Tiger iſt noch grauſamer; der Mann beſitzt einen gewiſſen Grad der Stärke; das Kind beſitzt einen geringern Grad der Stärke.

F. Was verſteht man unter Ausſchließungsſätzen oder excluſiven und Einſchränkungsſätzen oder reſtriktiven?

A. Excluſiv oder ausſchließend im weitern Sinne ſind die Sätze, in welchen eine

Ausschließung überhaupt, und restriktiv im weitern Sinne, in welchen eine Einschränkung überhaupt vorkommt.' Wenn dem Subjekt mit Ausschließung aller übrigen ihm ähnlichen Dinge, etwas beigelegt wird, so ist der Satz **exclusiv im engern Sinne**, wenn aber dem Subjekt nur mit Ausschließung eines gewissen Theils desselben etwas beigelegt wird, so ist der Satz **exceptiv**; eben so ein Satz **restriktiv im engern Sinne**, wenn die Einschränkung darin durch einen besondern Beisatz geschieht; **reduplicativ** dagegen, wenn sie blos durch eine Wiederhohlung ausgedrückt wird.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Exclusiv im engern Sinne sind die Sätze: der Kukuk allein läßt seine Vögel von andern ausbrüten; nur ungefüllte Blumen tragen Saamen. Letztrer Satz würde vollständig entwickelt, so heißen: Viele Blumen sind ungefüllt; diese sind saamentragende; die übrigen sind nicht saamentragende. Exceptive Sätze sind: Die Griechen beschäftigten sich viel mit schönen Künsten, ausgenommen die Lacedämonier; Spaziergänge sind angenehm außer bei

ſchlechtem Wetter. Reſtriktiv im engern Sinne ſind: die Wiſſenſchaften, als Erwerbszweige behandelt, können nicht gedeihen; das Geld, als Mittel zu guten Zwecken hat großen Werth. Reduplicative Sätze ſind: der Feldherr als Feldherr muß ſtreng ſeyn: der Geiz, als Geiz, iſt immer zu tadeln. — Durch Sätze, die reſtriktiv im engern Sinne ſind, drückt man aus, daß das Geſagte nur in gewiſſer Beziehung gelten ſoll. Durch reduplicative Sätze dagegen, daß das Wort, welches wiederhohlt iſt, in ſeiner eigentlichſten, weſentlichſten Bedeutung zu nehmen iſt; welches die angeführten Beiſpiele erläutern können.

Zehntes Kapitel.

Von der Einerleiheit, Unterordnung, Entgegenſetzung und Umkehrung der kategoriſchen Urtheile.

F. Welche Urtheile nennt man einerlei oder gleichgeltend (identica, aequipollentia)?

A. Diejenigen, in denen Stoff und Form dieſelben ſind. Einerlei Urtheile laſſen ſich da-

der nur unterscheiden, in so fern sie mit verschiednen Worten bezeichnet werden; also verschiedne Sätze ausmachen; oder in so fern sie von verschiednen Menschen, oder zu verschiedenen Zeiten gedacht werden.

F. Was versteht man unter Unterordnung der Urtheile?

A. Urtheile, wo das Subjekt und Prädikat in beiden übrigens gleiche Begriffe darstellen; in deren einem aber der Umfang des Subjekts größer ist, als in dem andern, nennt man untergeordnet (subalterna); und zwar heißt dasjenige Urtheil, in welchem das Subjekt der weitere Begriff ist, das unterordnende (subalternans); das aber, in dem es der niedere ist, das untergeordnete (subalternatum). So sind sich untergeordnet folgende Urtheile: 1) die Europäer sind bekleidet; 2) die Deutschen sind bekleidet; 3) die Sachsen sind bekleidet. Europäer ist ein weiterer Begriff als die Deutschen; denn diese sind unter ihm enthalten; mithin ist, wenn 1) und 2) verglichen werden; 1) das unterordnende, 2) das untergeordnete Urtheil. Dagegen wenn 2) und 3) verglichen

werden, ist 2) das unterordnende und 3) das untergeordnete; weil der Begriff des Subjekts Deutsche weiter als der des Subjekts Sachsen ist. — Nach dem oben (S 53) angeführten Gesetze, daß, was dem höhern Begriff zukommt, auch allen niedern unter ihm enthaltenen zukommen muß, bedingt die Wahrheit des unterordnenden Urtheils die des untergeordneten.

F. Was versteht man unter einstimmigen und entgegengesetzten Urtheilen?

A. Einstimmige Urtheile (consentientia) sind solche, die beide zugleich als wahr gedacht werden können; entgegengesetzte aber oder widerstreitende (opposita, repugnantia) solche, von denen eines aufhebt, was das andre setzt; von denen mithin nur eins als wahr gedacht werden kann. Die Entgegensetzung der Urtheile kann nun, entsprechend der der Begriffe, eine unmittelbare, direkte, contradiktorische, oder eine mittelbare, indirekte, conträre seyn. Contradiktorisch ist sie dann, wenn in dem einen Urtheil weiter nichts geschieht, als die Verneinung dessen, was im andern Urtheil gesetzt war; conträr dagegen, wenn durch

Setzen von Etwas in einem Urtheil (also nicht durch bloße Verneinung), das was im andern Urtheil gesetzt war, aufgehoben wird.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Einstimmige Urtheile sind: der Mensch liebt das Leben; der Mensch ist sterblich. Direkt entgegengesetzte: der Mensch ist sterblich; der Mensch ist nicht sterblich. Conträre: dieses Haus ist ganz von Stein; dieses Haus ist ganz von Holz. — Direkt entgegengesetzte Urtheile sind jedesmal nur zwei möglich; und eins davon muß wahr seyn, wenn nicht jedes für sich schon einen Widerspruch enthält. So wäre z. B. von den Urtheilen die viereckige Seele ist sterblich, die viereckige Seele ist nicht sterblich, keins von beiden wahr, da der Begriff einer viereckigen Seele an sich widerstreitend ist; conträre Urtheile lassen sich mehr als zwei denken, ohne daß eines davon nothwendig wahr seyn müßte.

F. Was sind subconträre Urtheile?

A. Solche, von denen das eine besonders bejaht, was das andre besonders verneint (also I und O); z. B. einige Thiere sind fleischfres-

sende; einige Thiere nicht fleischfressende; oder die meisten Thiere haben Füße, einige Thiere haben keine Füße. Man sieht leicht, daß subconträre Urtheile beide wahr seyn können.

F. Was versteht man unter Umkehrung (conversio) der Sätze?

A. Einen Satz umkehren heißt: das Prädikat darin zum Subjekt und das Subjekt zum Prädikat machen. Diese Umkehrung kann nun auf dreifache Weise statt finden 1) simpliciter (rein oder unverändert), wenn Quantität und Qualität des umzukehrenden Urtheils unverändert gelassen werden 2) per accidens, wenn die Quantität des Urtheils und 3) per contrapositionen wenn die Qualität des Urtheils verändert wird. Das Urtheil, mit welchem man die Veränderung vornimmt, heißt in den beiden ersten Fällen das umgekehrte oder conversum, das in welches man es umwandelt, das umkehrende oder convertens. Bei der Contraposition heißt das erste Urtheil das contraponirte, das andere das contraponirende.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Rein umgekehrt sind: kein Thier ist vernünftig; kein Vernünftiger ist ein Thier; Einige Glückliche sind tugendhaft; einige Tugendhafte sind glücklich. (Allgemein ausgedrückt: kein A ist B; kein B ist A. Einige A sind B; einige B sind A.) Per accidens umgekehrt sind: Alle Pflanzen sind organische Wesen; einige organische Wesen sind Pflanzen; alle Katzen sind Raubthiere; einige Raubthiere sind Katzen. (Allgemein: Alles A ist B; einiges B ist A.) Durch Contraposition umgekehrt sind: Alle Menschen sind sterblich; kein Unsterblicher ist ein Mensch; alle Thiere sind lebendig, kein Nichtlebendiges ist ein Thier. (Allgemein: Alles A ist B; kein Nicht-B ist A.)

Eilftes Kapitel.

Von den hypothetischen und disiunktiven Urtheilen.

F. Worin besteht ein hypothetisches Urtheil (Folgerungsurtheil)?

A. Die Materie des hypothetischen Urtheils besteht aus zwei kategorischen Urtheilen;

die Form und das eigentliche Wesen derselben aber darin, daß diese beiden kategorischen Urtheile als Grund und Folge auf einander bezogen werden. Beispiele von hypothetischen Urtheilen sind: wenn die Planeten sich um die Sonne bewegen, so ist ihre Ruhe nur scheinbar; ferner: wenn der Mensch Vernunft hat, hat er auch Willen. In beiden Beispielen enthält das erste kategorische Urtheil den Grund, warum das andre gesetzt wird; letztres ist also als eine Folgerung aus dem ersten zu betrachten.

F. Was unterscheidet man an den hypothetischen Urtheilen?

A. Den Vordersatz (Vorderglied, Bedingung, hypothesis, ratio, conditio, membrum prius s. antecedens), welcher das als Grund gedachte Urtheil ausmacht; und den Nachsatz (das Hinterglied, das Bedingte, thesis, rationatum, membrum posterius s. consequens), welcher die Folgerung aus dem Vordersatz enthält. In dem Urtheil also: wenn der Mensch tugendhaft ist, so hat er ein gutes Gewissen; ist der erste Satz der Vordersatz, der zweite der Nachsatz. Man kann indeß auch

den Nachſatz zum erſten machen; z. B. der Menſch hat ein gutes Gewiſſen, wenn er tugendhaft iſt; dieß ändert blos die Form des Satzes (des in Worten ausgedrückten Urtheils), nicht aber die des Urtheils ſelbſt ab. Die Partikeln, wenn, ſo, welche dienen, die Form des hypothetiſchen Urtheils zu bezeichnen *) werden particulae consecutivae genannt.

F. Was iſt ſonſt etwa noch von den hypothetiſchen Urtheilen zu bemerken?

A. Auf die Beſchaffenheit der kategoriſchen Urtheile, die den Stoff des hypothetiſchen ausmachen, ob ſie einzeln, allgemein, bejahend oder verneinend u. ſ. w. ſind, wird bei der logiſchen Betrachtung der hypothetiſchen Urtheile nicht Rückſicht genommen; denn die Logik betrachtet ja blos die Form der Urtheile, welche bei den hypothetiſchen in der eigenthümlichen Verknüpfungsart der beiden kategoriſchen Urtheile beſteht, und bei allen dieſelbe iſt, wenn

*) Man muß nicht glauben, die Wörtchen, wenn, ſo, ſeyen die Form ſelbſt; ſie dienen nur, dieſelbe anzudeuten.

auch die kategoriſchen Urtheile an ſich noch ſo verſchieden wären; es reicht hin, um ſie zu einem hypothetiſchen Urtheil zu machen, daß ſie als Grund und Folge auf einander bezogen werden; und dies Verhältniß ſoll eben nur erläutert werden. — Beſteht das hypothetiſche Urtheil aus mehr als zwei Urtheilen, ſo iſt es ein zuſammengeſetztes; z. B. Wenn die tugendhaften Menſchen immer glücklich und die laſterhaften immer unglücklich wären, ſo wäre es kein Verdienſt, die Tugend zu üben und das Laſter zu meiden.

F. Worin beſteht das Weſen eines disjunktiven Urtheils (Entgegenſetzungsurtheils)?

A. Wenn man beſtimmt, daß von mehrern vorliegenden entgegengeſetzten Merkmalen eins mit Ausſchließung der übrigen auf einen Begriff bezogen werden ſoll, ohne aber zu beſtimmen, welches, ſo fällt man ein disjunktives Urtheil. Beiſpiele disjunktiver Urtheile ſind: das Vergnügen iſt entweder ein erlaubtes oder ein nicht erlaubtes; dieſer Menſch iſt entweder ein Deutſcher oder ein Engländer oder ein Fran-

zose. Hier habe ich nämlich nur so viel bestimmt, daß von den entgegengesetzten Merkmalen, Deutscher, Engländer, Franzose (sie sind sich indirekt entgegengesetzt oder conträr s. S. 62) eins dem Menschen zukommen müsse, nicht aber welches; zugleich ist durch den Satz angezeigt, daß sobald ein Merkmal in den Begriff wirklich aufgenommen wird, dann die übrigen auszuschließen sind, daß ich mir den Menschen nicht, wenn ich ihn nun wirklich als Engländer denke, auch noch zugleich als Franzosen denken soll: welches ohnehin vermöge der Natur der widersprechenden Begriffe nicht möglich wäre.

F. Was ist weiter von den disjunktiven Urtheilen hinsichtlich ihrer Materie und Form zu bemerken?

A. Die Materie der disjunktiven Urtheile besteht eigentlich aus mehrern entgegengesetzten kategorischen Urtheilen. Die darin befindlichen entgegengesetzten Prädikate nennt man Trennungsglieder (membra disjuncta) dergleichen also oben Deutsche, Engländer, Franzosen sind. Dasjenige Verhältniß der Trennungsglieder, nach welchem eins da-

von das wahre Merkmal des beurtheilten Gegenſtandes ſeyn muß, macht die Form des disjunktiven Urtheils aus und wird durch die Partikeln entweder, oder (particulae disjunctivae) auch wohl blos durch die eine derſelben, oder, bezeichnet. Die Trennungsglieder können ſich direkt entgegengeſetzt ſeyn, wie oben erlaubt und nicht erlaubt, oder indirekt, wie Deutſche, Franzoſen, Engländer; im erſten Falle giebt es nur zwei Trennungsglieder; im letzten kann es mehrere geben.

F. Was läßt ſich hinſichtlich der Modalität der hypothetiſchen und disjunktiven Urtheile erinnern?

A. Ihre Theile einzeln genommen ſind problematiſch; im Ganzen aber nach ihrer Form betrachtet, ſind ſie apodiktiſch, d. h. ſie werden als nothwendig geſetzt. In den hypothetiſchen Urtheilen wird nämlich weder das Vorderglied für ſich als nothwendig gedacht, noch das Hinterglied; wohl aber die Verknüpfung beider als Grund und Folge. So denkt man auch in den disjunktiven Urtheilen nicht jedes der einzelnen entgegengeſetzten kategoriſchen Ur-

theile, aus denen es beſteht, als nothwendig wahr; das ganze Urtheil wird aber doch als nothwendig geſetzt: denn dieß beſtimmt eben nur, daß von mehrern vorliegenden möglichen Merkmalen eins dem Gegenſtand zukommen müſſe.

Zwölftes Kapitel.

Von dem Unterſchiede der Urtheile und Sätze hinſichtlich ihres Inhalts. *)

F. Wie unterſcheiden ſich analytiſche und ſynthetiſche Urtheile?

A. Analytiſche Urtheile ſind ſolche, wo man ein Merkmal, das man ſchon im Begriff des Subjekts enthalten dachte, auf dieſen als Prädikat bezieht. Die andern heißen ſynthetiſche. Z. B.: die Nahrungsmittel die-

*) Die Logik ſieht zwar eigentlich von dem Gehalt oder der Materie und dem Urſprung der Urtheile im Verſtande ab; doch wird es nicht unpaſſend ſeyn, in dieſer Verbindung einiges darüber zu erörtern; wie es auch in den meiſten Lehrbüchern der Logik geſchieht.

nen zur Erhaltung der Geſchöpfe, iſt ein analytiſcher Satz: denn in dem Begriff Nahrungsmittel denke ich mir ſchon das Merkmal mit, daß dadurch Geſchöpfe erhalten werden. Dagegen wäre der Satz: die Nahrungsmittel ſind wohlſchmeckend, ſynthetiſch, denn das Merkmal des Wohlgeſchmacks liegt noch nicht im Begriffe der Nahrungsmittel. So wäre auch der Satz: das Licht iſt glänzend, ein analytiſcher: denn im Begriffe Licht denke ich mir ſchon den Glanz als Merkmal mit enthalten; dagegen: das Licht iſt ſchnell, iſt ein offenbar ſynthetiſcher Satz: denn wie läge der Begriff der Schnelligkeit ſchon in dem des Lichtes. — In analytiſchen Sätzen nimmt man alſo ein Merkmal aus dem Begriff des Subjekts ſelbſt heraus und verbindet es hernach als Prädikat damit; in ſynthetiſchen nimmt man es wo anders her. — Tautologiſch heißt ein analytiſcher Satz, wenn das Subjekt mit ſich ſelbſt als Prädikat verbunden wird; z. B. Brod iſt Brod; ein lebendes Geſchöpf lebt. — Man ſieht leicht ein, daß durch Bilden von analytiſchen Urtheilen unſre Erkenntniß eigentlich nicht

erweitert werden kann; da sie ja blos aussagen, was wir schon wissen; doch kann durch dieselben unsre Aufmerksamkeit mehr auf einzelne Merkmale eines Begriffs hingeleitet und somit die Deutlichkeit des Denkens befördert werden. Den Umfang unsrer Erkenntnisse wirklich vergrößern können wir blos, indem wir synthetische Urtheile bilden.

F. Wie unterscheiden sich theoretische und praktische Sätze?

A. Jene sind, die etwas zum Behuf des Wissens; diese, die etwas zum Behuf des Handelns aussagen.

F. Was sind indemonstrable und demonstrable Sätze?

A. Die ersten sind unmittelbar gewisse, d. h. solche deren Wahrheit nicht aus andern Sätzen abgeleitet (demonstrirt) werden kann, sondern für sich klar ist. Die andern sind mittelbar gewisse, d. h. solche, deren Wahrheit aus andern Sätzen abgeleitet werden kann und muß.

F. Was ist ein Grundsatz?

A. Grundsatz, Axiom oder Prin-

ely iſt ein unmittelbar gewiſſer theoretiſcher Satz, der mithin aus keinem andern abgeleitet werden kann, ſelbſt aber dient, andre Sätze daraus abzuleiten. So ſind die oben angeführten Denkgeſetze, der des Widerſpruchs, der durchgängigen Gleichheit u. ſ. w. Grundſätze. Beiſpiele von Grundſätzen aus der Mathematik ſind: daß zwei grade Linien keinen Raum einſchließen; daß Gleiches zu Gleichem addirt, Gleiches giebt.

F. Was iſt ein Poſtulat?

A. Poſtulat oder Foderungsſatz iſt ein praktiſcher Satz, welcher anzeigt, daß etwas hervorgebracht werden ſolle, und dabei als unmittelbar gewiß vorausſetzt, daß es auch hervorgebracht werden könne. Solche Poſtulate ſind: zwiſchen zwei Punkten eine grade Linie zu ziehen; eine gerade Linie ins Unbeſtimmte zu verlängern. Niemand kann nämlich beweiſen, daß dieß wirklich möglich ſey (in ſo fern nämlich nicht von Beweiſen durch die Erfahrung die Rede iſt); deßwegen wird aber doch keiner ſagen, daß in dieſem Sätzen etwas Ungereimtes gefordert ſey; da jeder von der un-

mittelbaren Gewißheit der Ausführbarkeit des Geforderten überzeugt ist. — Von diesen Postulaten im gewöhnlichen Sinne sind zu unterscheiden die sogenannten Postulate der praktischen Vernunft, welche nicht etwas zu thun fordern; sondern vielmehr, etwas was sich nicht beweisen läßt, ohne Beweis um des moralischen Interesses Willen zu glauben; als das Daseyn Gottes und die menschliche Freiheit.

F. Was ist ein Lehrsatz oder Theorem und eine Aufgabe oder Problem?

A. Erstres ist ein theoretischer Satz, dessen Wahrheit erst aus andern abgeleitet werden muß; letztres ein praktischer Satz, der die Ausführung einer Handlung bestimmt, von welcher erst bewiesen werden muß, daß sie auch ausgeführt werden könne. Ein Beispiel eines Theorems ist; daß die Winkel in jedem gradlinigen Dreieck zusammen zwei rechte ausmachen, denn er muß erst aus andern mathematischen Sätzen bewiesen werden; ein Beispiel einer Aufgabe ist: ein gleichseitiges Dreieck zu verzeichnen. Zu einem Problem gehört 1) die Quästion. d. i. ein Satz welcher das

angiebt, was ausgeführt werden ſoll; 2) die Reſolution, welche die Art und Weiſe der Ausführung anzeigt; 3) die Demonſtration, welche aus andern Sätzen ableitet, daß durch das in der Reſolution angegebne Verfahren das Verlangte wirklich hervorgebracht werde. — Bei dem Theorem ſind blos die Theſis und Demonſtration weſentlich, von denen erſtre den zu beweiſenden Satz enthält, letztre den Beweis ſelbſt. — Um es alſo kurz zu wiederhohlen, ein Axiom iſt ein unmittelbar gewiſſer theoretiſcher, ein Poſtulat ein unmittelbar gewiſſer praktiſcher Satz; ein Theorem ein mittelbar gewiſſer oder des Beweiſes fähiger und bedürftiger theoretiſcher; ein Problem ein dergleichen praktiſcher Satz. — Zu bemerken iſt, daß dieſe, und die folgenden fremden Ausdrücke Corollarium, Lemma, Scholion vorzüglich häufig in der Mathematik gebraucht werden.

F. Was iſt ein Zuſatz oder Corolarium, auch wohl Porisma oder Conſektarium genannt?

A. Ein Satz, der unmittelbar aus dem, was im Vortrage vorhergieng, leicht eingeſehen werden kann, und daher keines ausführlichen

Beweiſes bedarf. So kann man zu dem Satze: daß in jedem geradlinigen Dreieck die drei Winkel zuſammen zwei Rechte ausmachen, als Scholion ſetzen; daß, wenn in einem Dreieck ein rechter oder ein ſtumpfer (größerer als ein Rechter) Winkel ſtatt findet, die beiden andern Winkel, jeder ſpitz (kleiner als ein Rechter) ſeyn müſſen.

F. Was iſt ein Lehnſatz (nicht Lehrſatz) oder Lemma?

A. Ein Satz, der in den Vortrag einer Wiſſenſchaft aus einer anderweitigen Wiſſenſchaft hinübergenommen, und weil ſeine Wahrheit dort ſchon dargethan worden, nicht erſt von Neuem bewieſen wird.

F. Was iſt ein Scholion oder eine Anmerkung?

A. Ein Satz der nicht weſentlich in den Zuſammenhang des Vortrags einer Wiſſenſchaft gehört; ſondern blos in einer Nebenabſicht eingeſchaltet wird; meiſt um das Vorgetragene mehr zu erläutern.

F. Was iſt ein Erfahrungsurtheil?

A. Ein ſolches, deſſen Wahrheit auf Be-

weiſen aus der Erfahrung, nicht aber aus andern Urtheilen beruht.

Dreizehntes Kapitel.

Von den Schlüſſen im Allgemeinen und insbeſondre den kategoriſchen.

F. Was iſt ein Schluß (ratiocinium, syllogismus)?

A. Die Ableitung der Wahrheit eines noch als ungewiß gedachten Urtheils aus einem als gewiß gedachten.

F. Was unterſcheidet man an den Schlüſſen?

A. Materie und Form. Die Materie oder den Stoff machen die Urtheile aus, die den Schluß zuſammenſetzen; die Form hingegen des Schluſſes beſteht eben in der eigenthümlichen Verknüpfungsart der Urtheile, vermöge deren das eine Urtheil als der Grund der Wahrheit des andern geſetzt wird. Dieſe Form wird zum Theil durch das Wörtchen alſo (ergo) angedeutet.

F. Was unterscheidet man in der Materie der Schlüsse?

A. Diejenigen Urtheile, welche den Grund des Abzuleitenden enthalten, werden, weil sie in regelmäßigen Schlüssen vorn an stehn, das Vorausgeschickte, die Vordersätze oder Prämissen (propositiones praemissae) genannt; der Satz aber, welcher das Abgeleitete enthält, der Schlußsatz oder die Conclusion (conclusio, conclusum). Z. B. in dem Schlusse: Alle schlechte Menschen sind unglücklich, Nero war ein schlechter Mensch; also war Nero unglücklich, sind die beiden ersten Urtheile die Prämissen oder Vordersätze; das letztre die Conclusion oder der Schlußsatz.

F. Was ist für ein Unterschied zwischen der innern und äußern Form der Schlüsse?

A. Die innre Form bezieht sich auf die Verknüpfungsart der Urtheile in Schlüssen, wie sie ursprünglich im Verstande bestimmt ist; die äußre aber auf die Verschiedenheiten hinsichtlich ihres Ausdrucks durch Sätze.

F. Wie unterscheidet man die Schlüsse ihrer innern Form nach?

A. Je nachdem die erste Prämisse (der Obersatz) ein kategorisches, hypothetisches oder disjunktives Urtheil ist, in kategorische, hypothetische und disjunktive.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Ein kategorischer Schluß ist: Alle Menschen sind sterblich, Cajus ist ein Mensch, also ist Cajus sterblich. Auf folgende Weise gedacht: Wenn Cajus ein Mensch ist, so ist er sterblich, nun ist Cajus ein Mensch, also ist er sterblich; wäre es ein hypothetischer Schluß; und disjunktiv würde er seyn, wenn er so gedacht würde: Cajus ist entweder sterblich oder er ist kein Mensch, nun ist Cajus ein Mensch, also ist er sterblich.

F. Was gehört zu einem vollständigen kategorischen Schlusse?

A. Zuvörderst drei Hauptsätze (propositiones), deren erster der Vordersatz oder die Regel (prop. major) heißt (im oben angeführten Beispiel: Alle Menschen sind sterblich); der andre der Untersatz, die Assumtion oder Subsumtion (prop. minor) (Cajus ist ein Mensch); der dritte der Schlußsatz (conclusio)

(also ist Cajus sterblich). In diesen drei Hauptsätzen müssen nun drei Hauptbegriffe (termini) enthalten seyn; nämlich zwei Begriffe, deren Verhältniß zu einander im Schlußsatz bestimmt ist, wovon der eine das Subjekt oder der Unterbegriff (terminus minor); der andre das Prädikat oder der Oberbegriff (terminus major) heißt. Hierzu kommt noch der Mittelbegriff (terminus medius). Jeder Hauptbegriff kommt in einem vollständigen kategorischen Schlusse zweimal vor; der Oberbegriff (sterblich) im Obersatze und Schlußsatze beidemal als Prädikat; der Unterbegriff (Cajus) im Untersatze und Schlußsatze beidemal als Subjekt; und der Mittelbegriff (Mensch) im Obersatze und Untersatze, dort als Subjekt, hier als Prädikat. Die Namen Oberbegriff und Unterbegriff rühren daher, weil der Oberbegriff meist der höhere, der Unterbegriff der niedere ist, und in dem Schlusse eben die Unterordnung des Unterbegriffs unter den Oberbegriff, durch Vermittlung des Mittelbegriffs, aus dem Obersatze abgeleitet werden soll.

§. Durch welches Schema kann man die Stel-

lung der Hauptbegriffe in einem ordentlichen und vollständigen kategorischen Schlusse ausdrücken.

A. Der Oberbegriff oder das Subjekt heiße S, der Mittelbegriff M, der Unterbegriff oder das Prädikat P, so kommen sie auf folgende Weise zu stehen:

M = P
S = M
S = P.

F. Auf welcher Regel beruht die Gültigkeit der kategorischen Schlüsse?

A. Auf folgender: Was dem Merkmal eines Dinges zukommt oder widerspricht, das kommt zu oder widerspricht auch dem Dinge selbst; oder: was auf dasselbe hinauskommt, was einer ganzen Gattung zukommt oder widerspricht, das widerspricht auch allen Arten und Individuen derselben; die Gattungs- und Artbegriffe sind nämlich, wie schon aus dem in der Lehre von den Begriffen Angeführten erhellt, allgemeine Merkmale aller der Dinge, die unter ihnen stehn. So kommt in dem oben angeführten Schlusse das Prädikat sterblich dem Merkmal des Cajus, Mensch, zu, mithin auch

dem Cajus selbst; oder, anders ausgedrückt; das Merkmal, sterblich, kommt der ganzen Gattung der Menschen zu, also auch dem Cajus, der ein Individuum dieser Gattung ist. Die Wahrheit dieser Regel läßt sich aus dem Grundsatz der durchgängigen Gleichheit ableiten (s. S. 37). Lateinisch hat man sie so ausgedrückt: nota notae est nota rei ipsius; oder quicquid de omni valet, valet etiam de quibusdam et singulis et quidquid de nullo valet, nec de quibusdam nec de singulis valet (das sogenannte dictum de omni et nullo), oder quicquid valet de genere, valet etiam de specie, quicquid repugnat generi, repugnat etiam speciei.

F. Welche wesentliche Regel ist beim Obersatze in kategorischen Schlüssen zu beobachten?

A. Er muß allgemein seyn. (Einzelne Urtheile gelten für Schlüsse den allgemeinen; limitative den bejahenden gleich). Denn wenn der Oberbegriff nicht auf den ganzen Umfang des Mittelbegriffs bezogen wird, nicht

ohne Ausnahme von ihm gilt; so kann er auch nicht mit Gewißheit auf das Subjekt bezogen werden, welches als unter dem Umfange des Mittelbegriffs enthalten gesetzt wird. So wäre z. B. der Schluß: einige Gelehrte sind arm, Leibniz war ein Gelehrter, also war Leibniz arm, falsch: denn der Oberbegriff arm wird hier nicht auf den ganzen Umfang des Mittelbegriffs Gelehrter, sondern blos auf einen Theil desselben bezogen, wie das Wort einige anzeigt; nun ist es aber möglich, daß der Unterbegriff Leibniz, gerade nicht unter diesem Theil enthalten ist, auf den die Armuth als Merkmal bezogen wird; mithin erhalte ich durch diesen Schluß keine vollkommne Gewißheit, daß Leibniz wirklich arm war. Könnte ich dagegen sagen: Alle Gelehrte sind arm, Leibniz war ein Gelehrter, so würde daraus mit unumstößlicher Gewißheit folgen, daß Leibniz auch arm war, denn hier wird die Armuth auf den ganzen Umfang des Mittelbegriffs Gelehrter, unter dem man Leibniz als enthalten denkt, bezogen, und so müßte nach dem angeführten Gesetze, daß, was dem Merkmale eines Dinges zukommt, auch dem

Dinge selbst zukommen muß, Leibnitz nothwendig für arm erklärt werden.

F. Wie muß der Untersatz in kategorischen Schlüssen beschaffen seyn?

A. Der Untersatz darf kein verneinender Satz seyn; vielmehr muß in ihm die Unterordnung des Unterbegriffes unter den Mittelbegriff wirklich enthalten seyn; damit, was dem Mittelbegriffe zukommt, dann auch vom Unterbegriff ausgesagt werden könne. Aus den Prämissen: alle Menschen sind sterblich; die Katze ist kein Mensch; würde so viel als gar nichts folgern: denn wenn ich die Sterblichkeit im Obersatze von den Menschen aussage; dann aber im Untersatze die Katze nicht in den Umfang des Begriff's Mensch aufnehme, vielmehr davon ausschließe, so hat dann das, was von dem Menschen ausgesagt ist, gar keinen Bezug auf die Katze, und diese mag sterblich seyn oder nicht, so läßt sich darüber nichts aus den Prämissen folgern. Es erhellt leicht, daß die Unmöglichkeit, etwas aus solchen Prämissen zu folgern; dieselbe bleibt, man mag statt Mensch

ſterblich, Katze, Begriffe nehmen, welche man will.

F. Welche Regel gilt vom Schlußſatze der kategoriſchen Schlüſſe?

A. Er richtet ſich in Hinſicht ſeiner Qualität nach dem Oberſatze und in Hinſicht ſeiner Quantität nach dem Unterſatze. Z. B. wenn ich die Prämiſſen habe: kein Thier hat Vernunft, alle Katzen ſind Thiere, ſo muß ich nun den Schlußſatz negativ und univerſal ſetzen; weil der Oberſatz (in Hinſicht der Qualität) negativ, und der Unterſatz (in Hinſicht der Quantität) univerſal iſt. Ich werde daher den Schlußſatz ausdrücken: alſo hat keine Katze Verſtand. (Kein drückt nämlich in Einem Worte eine allgemeine Verneinung aus). Ich könnte zwar auch aus den Prämiſſen folgern: alſo haben einige Katzen keinen Verſtand; wo denn der Schlußſatz partikular ſeyn würde; folgerte aber auf dieſe Weiſe offenbar zu wenig; geradezu falſch aber wäre der Schlußſatz, wenn ich ihn bejahend ſetzen wollte: alſo haben alle Katzen Verſtand.

F. Was ist von den Grundbegriffen in kategorischen Schlüssen zu bemerken?

A. Es dürfen ihrer nicht mehr als drei statt finden, und der Mitbegriff muß deßhalb im Obersatze in demselben Sinne genommen seyn, als im Untersatze; sonst hat man eigentlich vier Grundbegriffe; wenn gleich zwei mit demselben Worte bezeichnet sind. In einem solchen Falle wird das Prädikat im Obersatze auf ein ganz andres Merkmal bezogen, als das ist, welchem im Untersatze das Subjekt untergeordnet wird; mithin braucht das Prädikat des Obersatzes nicht auf das Subjekt im Schlußsatze nothwendig übergetragen zu werden, da dieses auf keine Weise in seine Sphäre gebracht worden ist. Einen Schluß, in welchem diese Regel nicht beobachtet ist, nennt man Sophisma ambiguitatis s. amphiboliae; und er kann öfters sehr lächerlich und ungereimt herauskommen, wie folgende Beispiele zeigen: Was faul ist, stinkt; Cajus ist faul, also stinkt Cajus: Die Rose ist eine Krankheit; diese Blume ist eine Rose, also ist diese Blume eine Krankheit: Wer ungezogen ist, muß einen Verweis erhal-

ten) dieſe Feder iſt ungezogen, alſo muß dieſe Feder einen Verweis erhalten. — Offenbar iſt im erſten Beiſpiel der Mittelbegriff faul im Oberſatze, wo er ſo viel als verweſend bedeutet, in einem ganz andern Sinne genommen, als im Unterſatze, wo er ſo viel als träg heißt; mithin iſt Cajus im Unterſatze gar nicht in den Umfang des Faulſeyns gebracht worden, von welchem das Stinken als Merkmal gilt, und dieß kann daher auch nicht im Schlußſatz auf den Cajus bezogen werden.

F. Auf welche Weiſe haben die Alten die Formen dem Gedächtniß einzuprägen geſucht, die ein kategoriſcher Schluß hinſichtlich der Quantität und Qualität der in ihm enthaltenen Urtheile haben kann, wenn er wirklich den Geſetzen der Vernunft gemäß iſt?

A. Sie bildeten folgende Worte, worin die Vokale die bei den Urtheilen angegebne Bedeutung haben; daß nämlich A ein allgemein bejahendes, E ein allgemein verneinendes Urtheil ausdrückt; I ein beſonders bejahendes, O ein beſonders verneinendes.

bArbArA (Alle Körper ſind ſchwer, alle Steine ſind Körper, alſo ſind alle Steine ſchwer.)

cElArCat (Kein Thier hat Sprache, alle Affen ſind Thiere, alſo hat kein Affe Sprache.)

dArII (Alles Organiſche wird ernährt, Einiges auf der Erde iſt organiſch, alſo wird Einiges auf der Erde ernährt.)

fErIO (Keine Pflanze bewegt ſich mit Willkühr, einige organiſche Weſen ſind Pflanzen, alſo bewegen ſich einige organiſche Weſen nicht mit Willkühr.)

Der erſte Vokal in jedem Worte drückt allemal die Beſchaffenheit der erſten Prämiſſe aus, der zweite die der andern, der dritte die des Schlußſatzes, das Wort barbara zeigt alſo an, daß in einem kategoriſchen Schluſſe Oberſatz, Unterſatz und Schlußſatz zugleich allgemein und bejahend ſeyn können; das Wort celarent, daß Oberſatz und Schlußſatz allgemein verneind, der Unterſatz aber dabei Allgemein bejahend ſeyn

kann, u. ſ. f. — Jeder kategoriſche Schluß, der nicht auf eine dieſer vier Formen gebracht werden kann, iſt nach den Geſetzen der Logik, oder formal falſch, wenn auch vielleicht das, was im Schlußſatz enthalten iſt, zufällig wahr wäre. Wenn ich z. B. ſchlöſſe: Alle organiſche Weſen werden ernährt, kein Stein iſt ein organiſches Weſen, alſo wird kein Stein ernährt: ſo wäre es allerdings zufällig wahr, daß der Stein nicht ernährt wird, es folgte aber keineswegs aus den Vorderſätzen: und der Schluß hätte daher zwar materiale Wahrheit, aber keine formale (über den Unterſchied der materialen und formalen Wahrheit ſ. d. Einleitung); er wäre logiſch falſch. Es ſind nämlich in dieſem Schluſſe zwei Fehler begangen; erſtens, daß der Unterſatz verneinend iſt; zweitens, daß der Schlußſatz ſich in ſeiner Qualität nicht nach dem Oberſatz richtet: die Folge der Vokale würde in dieſem Schluſſe eine ſolche ſeyn: A E E; wie ſie in keinem der angeführten Worte ſtatt findet, und wenn man andre Schlüſſe nach einer ſolchen Form bilden wollte, würde dann auch die Falſchheit leicht in die

Augen ſpringen: z. B. Alle Menſchen ſind ſterblich; kein Thier iſt ein Menſch, alſo iſt kein Thier ſterblich. Hier wird niemand gegen die materiale Wahrheit der Vorderſätze etwas einzuwenden haben, es muß alſo in der Form des Schluſſes liegen, daß der aus ihnen abgeleitete Schlußſatz dennoch falſch iſt.

Vierzehntes Kapitel.

Von den hypothetiſchen und disjunktiven Schlüſſen.

F. Was gehört zu einem hypothetiſchen Schluſſe?

A. Ebenfalls drei Hauptſätze, die Oberſatz, Unterſatz und Schlußſatz heißen, von denen der erſte ein hypothetiſches Urtheil iſt. Der Hauptbegriffe aber oder termini können mehr als drei darin ſtatt finden.

F. Welches iſt die Grundregel für die hypothetiſchen Schlüſſe?

A. Wenn die Bedingung oder der Grund geſetzt wird, ſo wird auch das Bedingte oder die Folge geſetzt, und wenn das Bedingte oder die Folge aufgehoben wird, ſo wird auch die

Bedingung oder der Grund aufgehoben. Lateinisch so: A veritate rationis ad veritatem rationati, a falsitate rationati ad falsitatem rationis valet consequentia. — Die Gültigkeit dieser Regel beruht auf dem Satz des zureichenden Grundes, vermöge dessen ein nothwendiger Zusammenhang zwischen Grund und Folge statt findet.

F. Welche Arten hypothetischer Schlüsse unterscheidet man?

A. Zwei Arten; eine bejahende (modus ponens) und eine verneinende (modus tollens). Nach der ersten Art schließt man von der Wahrheit des Vordergliedes im Obersatze auf die des Hintergliedes z. B. Wenn Cajus ein Mensch ist, so ist er sterblich; nun ist Cajus ein Mensch; also ist er sterblich; nach der andern schließt man von der Falschheit des Hintergliedes auf die Falschheit des Vordergliedes z. B. Wenn Cajus ein höheres Wesen wäre, so wäre er unsterblich; nun ist Cajus nicht unsterblich, also ist er auch kein höheres Wesen. Diese beiden Arten hypothetisch zu schließen,

ergeben sich von selbst aus dem für die hypothetischen Schlüsse angeführten Grundregel.

F. Kann man nicht auch von der Falschheit des Vordergliedes im hypothetischen Obersatze auf die des Hintergliedes, und von der Wahrheit des Hintergliedes auf die des Vordergliedes schließen?

A. Nein: denn es kann aus etwas Wahrem zwar nichts Falsches, wohl aber aus etwas Falschem manchmal etwas Wahres gefolgert werden; das dann zwar nicht wegen des angeführten falschen Grundes wahr ist, aber doch irgend einen anderweitigen wahren Grund haben kann. Wenn z. B. folgendes der hypothetische Obersatz eines Schlusses wäre: Wenn alle Pflanzen weiße Blüthen haben, so hat auch die Lilie weiße Blüthen; so wäre das Vorderglied falsch, da es auch Pflanzen mit andern als weißen Blüthen giebt; dennoch aber wäre ein wahres Hinterglied daraus gefolgert; da die Lilie wirklich weiße Blüthen trägt. Wollte ich nun aus der Falschheit des Vordergliedes auf die des Hintergliedes auf solche Weise schließen: nun haben nicht alle Pflanzen weiße Blü-

chen, also hat auch die Lilie keine weißen Blüthen, so würde der Schluß, wie man leicht sehen kann, falsch werden; und eben so falsch würde ich schließen, wenn ich die Wahrheit des Vordergliedes aus der des Hintergliedes auf solche Weise ableiten wollte: nun hat die Lilie weiße Blüthen, also haben auch alle Pflanzen weiße Blüthen.

F. Woraus besteht ein disjunktiver Schluß?

A. Ebenfalls aus einem Obersatze, Untersatze und Schlußsatze, von denen der erste ein disjunktives Urtheil ist. Auch hier können mehr als drei Hauptbegriffe vorkommen.

F. Auf welcher Regel beruht die Gültigkeit der disjunktiven Schlüsse?

A. Auf folgender: daß wenn von den Trennungsgliedern in einem disjunktiven Urtheil eins als wahr gesetzt wird, dann die übrigen, als falsch, aufgehoben werden müssen, und, daß wenn eins der Trennungsglieder als falsch gesetzt wird, dann eines der übrigen, (also, wo blos zwei Trennungsglieder statt finden, das andre) als wahr gesetzt werden müsse. lateinisch: A positione unius contradictorie op-

positorum ad negationem alterius, a negatione unius ad positionem alterius valet consequentia. (Dieſe lateiniſche Regel ſcheint zwar blos von ſolchen disjunktiven Schlüſſen zu gelten, in denen nur blos zwei direkt entgegengeſetzte Trennungsglieder ſtatt finden, ſie gilt aber auch in ſo fern allgemein, weil von mehrern indirekt entgegengeſetzten Trennungsgliedern eins immer das direkte Gegentheil der übrigen zuſammengenommen ſeyn muß; z. B. wären die Trennungsglieder weiß, roth, ſchwarz; ſo ſind roth und ſchwarz nicht weiß; weiß und roth nicht ſchwarz; ſchwarz und weiß nicht roth.)

F. Welche Arten disjunktiver Schlüſſe unterſcheidet man?

A. Einen modus tollendo ponens, wo durch Verneinung Eines, oder mehrerer Trennungsglieder auf die unbeſtimmte Bejahung eines der übrigen Trennungsglieder geſchloſſen wird, und einen modus ponendo tollens, wo durch die beſtimmte Bejahung Eines oder die unbeſtimmte Bejahung mehrerer Trennungsglieder auf die beſtimmte Verneinung aller übrigen geſchloſſen wird. Ein Beiſpiel der er-

ſten diſjunktiven Schlußart iſt folgende: dieſer Menſch iſt entweder ein Gelehrter, oder ein Handwerker, oder ein Soldat; nun iſt er kein Gelehrter, alſo iſt er ein Handwerker oder Soldat: oder auch: nun iſt er kein Gelehrter noch Handwerker, alſo iſt er ein Soldat. Ein Beiſpiel der zweiten Schlußart iſt: die Erde bewegt ſich entweder um die Sonne, oder die Sonne um die Erde, oder ſie ſtehn beide ſtill; nun bewegt ſich die Erde um die Sonne oder ſie ſteht ſtill; alſo bewegt ſich die Sonne nicht um die Erde: oder auch: nun bewegt ſich die Erde um die Sonne; alſo bewegt ſich die Sonne nicht um die Erde, noch ſtehn ſie beide ſtill. —

F. Was verſteht man unter einem Dilemma oder gehörnten Schluß (cornutus)?

A. Ein Beiſpiel eines ſolchen iſt folgendes: Wenn die Schriften der Griechen ſchlecht wären, ſo würden ſie entweder untergegangen ſeyn, oder ihr Leſen würde jetzt vernachläſſigt werden; nun ſind ſie aber nicht untergegangen und ihr Leſen wird jetzt nicht vernachläſſigt; alſo ſind ſie nicht ſchlecht. Hier iſt im Oberſatz eine Verbindung eines hypothetiſchen Ur-

theils mit einem disjunktiven; indem letztres das Hinterglied des hypothetiſchen Urtheils ausmacht; ferner wird im Unterſatz die Falſchheit aller im Oberſatz enthaltenen Trennungsglieder behauptet; und endlich aus dieſer Falſchheit der Trennungsglieder des Hintergliedes auf die Falſchheit des Vorderliedes im hypothetiſchen Oberſatze geſchloſſen. In dieſen Stükken beſteht eben das Weſentliche des Dilemmas. Es iſt alſo ein hypothetiſcher Schluß, deſſen Oberſatz ein disjunktives Hinterglied enthält und der nach dem modus tollens ſchließt. — Sind der Trennungsglieder mehr als zwei, ſo heißt ein falſcher Schluß ein **vielgehörnter** oder **Polylemma**.

Funfzehntes Kapitel.

Von den abgekürzten Schlüſſen.

F. Wie kann man die Schlüſſe hinſichtlich ihrer äußern Form eintheilen?

A. In förmliche und in nicht förmliche. Jene ſind vollſtändige und zugleich ordentliche Schlüſſe, dergleichen alle die bisher angeführ

ten Beiſpiele waren: dieſe theils unvollſtändige, abgekürzte oder verſteckte (crypticae), wenn in ihnen etwas, eigentlich zum Schluſſe gehöriges, fehlt; theils außerordentliche, verkehrte, figurirte Schlüſſe oder Schlußfiguren; wenn die Stellung ihrer Sätze oder Hauptbegriffe in irgend einer Hinſicht vom natürlichen Gedankengange abweicht.

F. Welche Schlußarten rechnet man zu den unvollſtändigen und abgekürzten?

A. Hieher gehören zuvörderſt ſolche, wo dem Schlußſatz der Grund ſeiner Gültigkeit nur kurz beigefügt wird; als z. B. Man muß ſich der Tugend befleißigen, weil ſie uns dem Zweck unſers Lebens näher bringt. Da hier der Schlußſatz vorn an ſteht, ſo ſind ſolche Schlüſſe zugleich verkehrte. Ferner werden hieher gerechnet die ſogenannten Enthymemata, d. h. Schlüſſe, in denen eine Prämiſſe ausgelaſſen iſt; und die man in Enthymemen der erſten oder der zweiten Ordnung unterſcheidet, je nachdem die erſte oder die zweite Prämiſſe fehlt. — Ein Beiſpiel eines Enthymema der erſten Ordnung iſt: Cajus iſt ein

Mensch; also ist er sterblich; eins von einem der zweiten Ordnung: Alle Menschen sind sterblich; also ist Cajus sterblich. Um diese Schlüsse vollständig zu machen; würde man im ersten Falle zusetzen müssen: Alle Menschen sind sterblich; im zweiten: Cajus ist ein Mensch. Solche Enthymemen sind der Kürze der Rede halber erlaubt, sobald sich nämlich voraussetzen läßt, daß der Leser oder der Hörer die weggelassene Prämisse als sich von selbst verstehend dazu denken könne.

F. Was verstand man sonst unter unmittelbaren oder Verstandesschlüssen?

A. Man unterschied ehedem und zum Theil auch wohl noch jetzt mittelbare Schlüsse oder Vernunftschlüsse, dergleichen alle die bisher angeführten waren, und unmittelbare Schlüsse oder Verstandesschlüsse. Den Namen der letztern gab man solchen, von denen man meinte, daß sie ohne vermittelndes Urtheil blos aus Einer Prämisse abgeleitet werden könnten; und daß sie auch blos Einer Prämisse bedürften, weil durch deren bloße Umformung mittelst der Thätigkeit des Verstandes der Schlußsatz sich sol-

gerecht herausbringen ließe. Man muß diese Art der Schlüsse indeß zu den Enthymemen der ersten Ordnung rechnen, weil man sich in allen derselben einen hypothetischen Obersatz weggelassen denken kann, wie man das bei den verschiednen nun anzuführenden Arten derselben leicht bemerken wird.

F. Welche Arten der unmittelbaren Schlüsse unterscheidet man?

A. 1) Die Gleichheitsschlüsse (ratiocinia pariationis s. aequipollentiae) 2) Unterordnungsschlüsse (rat. subordinationis) 3) Entgegensetzungschlüsse (rat. oppositionis) 4) Umkehrungsschlüsse (rat. conversionis) 5) Modalitätsschlüsse (rat. modalitatis).

F. Was sind Gleichheitsschlüsse?

A. Solche, wo die Wahrheit oder Falschheit eines Satzes aus einem andern gefolgert wird, der blos den Worten nach von jenem verschieden ist. Solche Gleichheitsschlüsse sind folgende: alle Dinge sind veränderlich, also bleiben sie nicht immer in demselben Zustande; dieser Mensch hat etwas gestohlen; also ist er ein Dieb.

F. Was sind Unterordnungsschlüsse?

A. Solche, wo man aus der Wahrheit eines allgemeinen Satzes, die eines besondern ableitet, der jenem untergeordnet ist; oder aus der Falschheit eines besondern Satzes, die Falschheit des allgemeinen, der dem besondern übergeordnet ist. Beispiele hiervon sind: Alle Körper sind schwer; also sind auch einige Körper schwer; Einige Menschen sind nicht gelehrt; also sind nicht alle Menschen gelehrt. Die Gültigkeit dieser Schlußart beruht auf dem früher angegebnen Grundsatz, daß, was einer ganzen Sphäre zukommt, auch allen Theilen dieser Sphäre zukommen müsse, und mithin, wenn es nicht allen Theilen der Sphäre zukommt, auch der ganzen Sphäre nicht zukommen kann. Lateinisch: A veritate universalis propositionis ad veritatem particularis; a falsitate particularis ad falsitatem universalis valet consequentia. Wohl zu bemerken ist; daß man nicht umgekehrt von der Falschheit eines allgemeinen Satzes auf die Falschheit des unter ihn stehenden besondern, oder von der Wahrheit des besondern Satzes auf die Wahrheit des über ihm stehenden allgemeinen schließen dürfe.

F. Was ſind Entgegenſetzungsſchlüſſe?

A. Solche, wo man die Wahrheit oder Falſchheit eines Satzes aus einem andern ihm entgegengeſetzten folgert. Sie ſind entweder Contradiktionsſchlüſſe oder Contrarietätsſchlüſſe; je nachdem die Entgegenſetzung direkt oder indirekt ſtatt findet. Bei jenen ſchließt man von der Wahrheit des einen Satzes auf die Falſchheit des andern oder umgekehrt, nach dem Geſetze der Ausſchließung des Dritten; z. B. ſo: die Tugendhaften ſind glücklich; alſo ſind ſie nicht unglücklich. Bei Contrarietätsſchlüſſen kann man nur von der Wahrheit des einen Satzes auf die Falſchheit des andern ſchließen; aber nicht umgekehrt; da auch beide falſch ſeyn können. Ich darf z. B. ſchließen: dieſer Tiſch iſt von Holz, alſo iſt er nicht von Stein; nicht aber ſo: dieſer Tiſch iſt nicht von Stein; alſo iſt er von Holz: denn er kann noch von vielem andern ſeyn.

F. Was ſind Umkehrungsſchlüſſe?

A. Solche, wo man aus einem Urtheil durch bloße Umkehrung deſſelben etwas folgert, was nach dem früher Angegebnen auf dreifache

Weiſe geſchehen kann: simpliciter, per accidens und per contrapositionem. Die Fälle, wo ſich Regeln für die Umkehrung angeben laſſen, haben die alten Scholaſtiker, freilich nicht ganz vollſtändig, durch folgendes Verslein ausgedrückt:

f E c I mpliciter convertitur, E v A per accidens;

A s t O per contra; sic fit conversio tota.

Das iſt, aus E und I kann durch reine Umkehrung geſchloſſen werden; aus E und A per accidens; aus A und O per contrapositionem.

F. Was ſind Modalitätsſchlüſſe?

A. Solche, wo man aus einem Urtheile von höherer Modalität die Wahrheit eines Urtheils von niedrer Modalität ableitet. Man hat hierbei weiter nichts zu thun, als daß man einen apodiktiſchen Satz zu einem aſſertoriſchen, oder einen aſſertoriſchen zu einem problematiſchen macht. Z. B. der Menſch muß irgend einmal ſterben; alſo ſtirbt der Menſch irgend einmal; oder der Menſch ſtirbt irgend einmal, alſo kann der Menſch irgend einmal ſterben. Umgekehrt darf man aber nicht aus einem Urtheil von niedrer Modalität eins von höherer

ableiten; d. h. ein aſſertoriſches Urtheil aus einem problematiſchen oder ein apodiktiſches aus einem aſſertoriſchen; daher die lateiniſche Regel:

Ab esse ad posse valet consequentia; a posse ad esse non valet consequentia.

Sechzehntes Kapitel.

Von den figurirten Schlüſſen.

F. Was verſteht man unter figurirten Schlüſſen (Schlußfiguren, außerordentliche, verkehrte Schlüſſe).

A. Eigentlich ſolche Schlüſſe, in denen die der natürlichen Denkordnung angemeſſene Stellung der Sätze oder Begriffe, ohne jedoch dabei der logiſchen Wahrheit des Schluſſes ſelbſt Abbruch zu thun, verändert iſt. Gemeiniglich rechnet man indeß noch die ordentliche Schlußgeſtalt als eine Schlußfigur. — Zu bemerken iſt übrigens, daß die Schlußfiguren blos auf die Prämiſſen kategoriſcher Schlüſſe beſchränkt werden, da dieſe den meiſten Veränderungen unterworfen ſind.

A. Auf welche Arten können die Verän-

derungen vorgenommen werden, durch welche Schlußfiguren entstehn?

A. Entweder versetzt man blos die Prämissen, ohne etwas in der Stellung der in ihnen enthaltenen Hauptbegriffe zu ändern; oder man versetzt blos die Hauptbegriffe, ohne die Stellung der Prämissen selbst zu ändern; oder auch man nimmt die Versetzung sowohl in Ansehung der Prämissen als der Hauptbegriffe vor. Die erste Versetzungsart giebt (nach Krug) die thetische Schlußfigur; die zweite die antithetischen Figuren; die dritte die synthetischen. Sonst rechnete man gewöhnlich blos die ordentliche Schlußform und die drei antithetischen Figuren, die durch bloße Versetzung der Hauptbegriffe entstehn, und ließ die übrigen aus der Acht.

F. Wie viel Schlußfiguren giebt es, und auf welche Weise lassen sie sich anschaulich und allgemein darstellen?

A. Wenn man die ordentliche Schlußgestalt mit zu den Figuren rechnet, so giebt es ihrer acht 1) die ordentliche, 2) die thetische, 3) drei antithetische, 4) drei synthetische.

Das Schema, wodurch ſie ſich darſtellen laſſen, iſt folgendes: wo M den Mittelbegriff, P das Prädikat oder den Oberbegriff, S das Subjekt oder den Unterbegriff bedeutet.

Ordentliche Schlußform	Thetiſche Figur	Antithetiſche Figuren			Synthetiſche Figuren		
1	2	3	4	5	6	7	8
M P	S M	P M	M P	P M	S M	M S	M S
S M	S P	S M	M S	M S	P M	M P	P M
		S			P		

Die Zurückführung einer jeden ſolchen Schlußfigur (reductio syllogismi figurati) geſchieht dadurch, daß man jedem Satze und Begriffe ſeine, ihm nach der ordentlichen Schlußgeſtalt gebührende Stelle wieder anweiſt. Dieß kann bei den antithetiſchen und ſynthetiſchen nur durch Umkehrung der Sätze geſchehen, die aber nicht immer rein oder simpliciter, ſondern öfters auch per accidens oder per contrapositionem (ſ. S. 81) vorgenommen werden muß; worüber ſich indeß keine allgemeinen Regeln geben laſſen, da es häufig auf den Sinn der Sätze ſelbſt dabei

ankommt, von dem die Logik abſieht. In den meiſten Fällen wird das bei den Umkehrungsſchlüſſen angegebne Verſehen dabei leiten können.

F. Welches ſind Beiſpiele für die Schlußfiguren?

A. Zu 1) der ordentlichen Schlußgeſtalt: Alle organiſchen Weſen ſind ſterblich; alle Menſchen ſind organiſche Weſen; alſo ſind alle Menſchen ſterblich. Zu 2) der thetiſchen Figur: Alle Menſchen ſind organiſche Weſen; alle organiſche Weſen ſind ſterblich; alſo ſind alle Menſchen ſterblich. Zu 3) der erſten antitheſiſchen Figur: Kein Unſterblicher iſt ein organiſches Weſen; alle Menſchen ſind organiſche Weſen; alſo iſt kein Menſch unſterblich. Zu 4) Alle organiſchen Weſen ſind ſterblich; kein unorganiſches*) Weſen iſt ein Menſch; alſo ſind alle Menſchen ſterblich. Zu 5) Kein Unſterblicher iſt ein organiſches Weſen; kein unorganiſches Weſen iſt ein Menſch; alſo iſt kein Menſch unſterblich. Zu 6) der erſten ſyntheſiſchen Fi-

*) Der Unterſatz iſt hier keineswegs negativ; denn zwei Negazionen bejahen.

gur: Alle Menſchen ſind organiſche Weſen; kein Unſterblicher iſt ein organiſches Weſen; alſo iſt kein Menſch unſterblich. Zu 7) Kein unorganiſches Weſen iſt ein Menſch; alle organiſchen Weſen ſind ſterblich; alſo ſind alle Menſchen ſterblich. Zu 8) Kein unorganiſches Weſen iſt ein Menſch; kein Unſterblicher iſt ein organiſches Weſen; alſo iſt kein Menſch unſterblich. — Alle dieſe Schlußfiguren von 2) bis 8) haben zwar vollkommne logiſche Schlußkraft; um aber für einen ordentlichen Schluß zu gelten; muß jede auf 1) zurückgeführt werden.

Siebzehntes Kapitel.

Von den zuſammengeſetzten Schlüſſen.

F. Wie unterſcheidet man einfache und zuſammengeſetzte Schlüſſe?

A. Ein einfacher Schluß (monosyllogismus) iſt ein ſolcher, der nur aus einem einzigen Schluſſe beſteht; ein zuſammengeſetzter Schluß oder eine Schlußreihe (polysyllogismus, series syllogistica), wo mehrere Schlüſſe

als Gründe und Folgen mit einander in Verbindung stehn; und zwar so, daß der Schlußsatz des einen, immer als Obersatz des andern gebraucht wird. Z. B.

1) Alle Menschen sind sterblich; alle Europäer sind Menschen; also sind alle Europäer sterblich. 2) Alle Europäer sind sterblich; alle Deutsche sind Europäer; also sind alle Deutsche sterblich; 3) Alle Deutsche sind sterblich; Cajus ist ein Deutscher also ist Cajus sterblich.

F. Was ist Vorschluß und Nachschluß?

A. Vorschluß (prosyllogismus) ist allemal derjenige Schluß, dessen Schlußsatz zur Prämisse eines andern Schlusses gemacht wird, und dieser heißt dann Nachschluß (episyllogismus). So ist z. B. oben 1) der Vorschluß von 2) und 2) der Nachschluß von 1); ferner 2) der Vorschluß von 3) und 3) der Nachschluß von 2). Der Vorschluß muß allemal den Grund des Nachschlusses enthalten.

F. Was versteht man unter progressiven und regressiven Schlußreihen?

A. Eine progressive oder fortschreitende (prosyllogistische) Schlußreihe ist eine solche, wo

man mit dem Vorschlusse anhebt und zu dem Nachschlusse fortschreitet; wovon die obige Schlußreihe ein Beispiel giebt; eine regressive oder rückschreitende (episyllogistische) Reihe dagegen ist eine solche, wo man von dem Nachschlusse anhebt, und zum Vorschlusse emporsteigt. Man braucht blos die obige Reihe umzukehren, so daß die Schlüsse nach der Ordnung 3), 2), 1) folgen, so hat man ein Beispiel einer rückschreitenden Reihe.

F. Was versteht man unter einem Epicherem?

A. Einen Schluß, wo einer oder beiden Prämissen der Grund ihrer Gültigkeit nur kurz beigefügt wird, ohne daraus einen besondern Schluß zu machen. Z. B. die Europäer sind sterblich: denn alle Europäer sind sterblich; nun sind alle Deutschen Europäer; also sind alle Deutsche sterblich.

F. Was versteht man unter einem Kettenschlusse oder Sorites?

A. Ein Kettenschluß (sorites, syllogismus concatenatus, syllogismus acervatus) entsteht, wenn mehrere, enthymematisch abge-

kürzte Schlüsse (s. S. 115) so mit einander verbunden werden, daß ihre Vordersätze unmittelbar auf einander folgen, und einen gemeinschaftlichen Schlußsatz enthalten. Z. B.

Cajus ist ein Deutscher; wer ein Deutscher ist, ist auch ein Europäer, wer ein Europäer ist, ist auch ein Mensch; wer ein Mensch ist, ist auch ein organisches Wesen; wer ein organisches Wesen ist, ist auch sterblich; also ist Cajus sterblich.

Dieß ist ein Beispiel eines ordentlichen oder gemeinen Kettenschlusses, den man durch folgendes Schema darstellen kann:

Von A gilt B
— B — C
— C — D
— D — E
— E — F.

Also von A gilt F.

Hier geht man nämlich vom Subjekt des Schlußsatzes (sterblich, A) als Unterbegriff aus, und verknüpft mit demselben nach und nach verschiedne Prädikate (B, C, D, E, F,) als Mit-

teilbegriffe, indem man immer einen auf den andern bezieht, bis man zu demjenigen Prädikate gelangt ist, welches als Oberbegriff mit dem Subjekte verknüpft werden soll (sterblich mit Deutscher, A mit F). Kehrt man diese Ordnung der Prämissen um, so daß der Schlußsatz der nämliche bleibt, so entsteht ein umgekehrter oder goklenianischer Kettenschluß, der folgendes Schema hat:

Von E gilt F
— D — E
— C — D
— B — C
— A — B.

Also von A gilt F.

Z. B. Alle organischen Wesen (E) sind sterblich (F);

Alle Menschen (D) sind organische Wesen (E);

Alle Europäer (C) sind Menschen (D);

Alle Deutsche (B) sind Europäer (C);

Cajus (A) ist ein Deutscher (B).

Also ist Cajus (A) sterblich (F).

Giebt man dem Kettenschlusse diese Form:

Wenn A ist, so ist B
— B — — — C
— C — — — D
— D — — — E
— E — — — F

Nun ist A; also auch F (nach dem modus ponens) oder:

Nun ist F nicht also auch A nicht (nach dem modus tollens), so entsteht ein hypothetischer Kettenschluß daraus. Es ergiebt sich übrigens von selbst, daß in der wesentlichen Form dieser Kettenschlüsse nichts verändert wird, wenn man ihnen mehr oder weniger Glieder giebt, als hier in den Schematen sich befinden.

Achtzehntes Kapitel.

Fehl- und Trugschlüsse.

F. Welchen Unterschied macht man zwischen der Falschheit der Schlüsse?

A. Zuvörderst unterscheidet man materiale und formale Falschheit der Schlüsse. Die erste betrifft den Stoff, die letzte die Form

derſelben. Wenn ich z. B. ſchlöſſe: Alle Thiere ſind vernünftig; der Hund iſt ein Thier; alſo iſt der Hund vernünftig; ſo wäre der Schluß material falſch, weil das, was im Oberſatze und Schlußſatze ausgeſagt iſt, nicht in der Wirklichkeit ſtatt findet; formal hingegen wäre der Schluß wahr und richtig; denn es ſind dabei alle die früher angegebnen logiſchen Schlußregeln beobachtet: der Oberſatz iſt allgemein; der Unterſatz bejahend; der Schlußſatz richtet ſich in ſeiner Qualität nach dem Oberſatz und in ſeiner Quantität nach dem Unterſatz; es ſind nur drei Hauptbegriffe darin; dieſe haben ihre rechte Stelle; mit einem Worte: es iſt ein ordentlicher, vollſtändiger, kategoriſcher Schluß, an deſſen Form auch nicht das Mindeſte auszuſetzen iſt. Schlöſſe ich dagegen ſo: Alle Thiere ſind unvernünftig; der Menſch iſt kein Thier; alſo iſt der Menſch nicht unvernünftig, ſo wäre dieſer Schluß material wahr; aber formal falſch. Es findet allerdings in der Wirklichkeit ſtatt, daß die Thiere unvernünftig ſind; auch daß der Menſch kein Thier iſt, und daß er nicht unvernünftig iſt; mithin was den In-

halt der einzelnen Sätze: d. h. die Materie des Schlusses betrifft, ist nichts dagegen einzuwenden; dagegen ist die Form des Schlusses in so fern falsch, als der Untersatz verneinend ist, und der Schlußsatz sich in seiner Qualität nicht nach dem Obersatz richtet. — Es läßt sich leicht begreifen, daß es Schlüsse geben kann, wo beide Arten der Falschheit vereinigt sind.

F. Welchen Unterschied macht man zwischen einem Fehlschluß oder Paralogismus und einem Trugschluß oder Sophisma (captio, fallacia, cavillatio)?

A. Erstres ist ein Schluß, den man, sich unbewußt, falsch bildet; letztres ein Schluß, den man, um andre zu täuschen, falsch einrichtet. Die verschiednen Arten dieser falschen Schlüsse haben von den Alten verschiedne, jetzt wenig mehr gebräuchliche Namen erhalten.

Reine logiſche Methodenlehre.

Neunzehntes Kapitel.

Von Wiſſenſchaft, Syſtem und Methode.

F. Was verſteht man unter Wiſſenſchaft?

A. Wiſſenſchaft iſt eine Mannichfaltigkeit von Erkenntniſſen, die nach einem beſtimmten Grundprincip (oberſten Grundſatz) geordnet ſind, und ſomit ein zur Einheit zuſammenſtimmendes Ganze ausmachen; oder auch: da eine ſolche Ordnung nicht anders als durch ſtrenge Beobachtung der logiſchen oder Verſtandesregeln hervorgehn kann: Wiſſenſchaft iſt eine Mannichfaltigkeit von Erkentniſſen, die ein, nach logiſchen Regeln zuſammenhängendes Ganze ausmachen. Man muß dieſem nach in jeder Wiſſenſchaft Stoff und Form unterſcheiden. Der Stoff iſt eben die Mannichfaltigkeit der zur Wiſſenſchaft gegebnen Erkenntniſſe, die, ſo lange ſie noch roh, ungeordnet, unverbundem iſt, ein Aggregat genannt wird; die Form dagegen iſt das regelmäßige zur Einheit zuſam-

menstimmende Zusammenhang, in den diese Erkenntnisse gebracht werden.

F. Was versteht man unter System?

A. System bedeutet überhaupt jede Form, die eine Mannichfaltigkeit von Theilen dadurch erhält, daß sie nach einem bestimmten Princip geordnet wird. Die Form der Wissenschaft ist demnach systematisch, und man kann die Wissenschaft selbst auch ein systematisches Erkenntnißganze nennen. Häufig nennt man auch wohl die Wissenschaft selbst (d. h. Stoff und Form zusammen) System, und trägt diesen Namen selbst noch auf andre Objekte über, die eine systematische Form haben. — Ein Aggregat von Erkenntnissen kann nur dadurch zu einer Wissenschaft werden, daß es in systematische Form gebracht wird. — Gesetzt es wüßte jemand die Regeln des Denkens im Allgemeinen, und auch im Besondern in Hinsicht der Begriffe, Urtheile und Schlüsse; so hätte er dadurch den Stoff zur Logik. Wir wollen nun einmal annehmen, es hätte jemand über diesen Stoff ein Buch geschrieben; aber so, daß er alles unter einander gemengt; indem er vielleicht von den Denk-

ſetzen hinſichtlich der Begriffe; dann von den allgemeinen Denkgeſetzen, dann wieder von den Begriffen, und dazwiſchen ganz ohne Ordnung bald von den Schlüſſen, bald von den Urtheilen handelte; ſo hätte er in dieſes Buch ein Aggregat von Erkenntniſſen gebracht; aber keineswegs eine Wiſſenſchaft. Käme nun aber ein andrer, und ordnete dieſe Erkenntniſſe ſo, daß er erſt von den Denkgeſetzen im Allgemeinen; dann für jede einzelne Art des Denkens handelte; daß er das, was zu den Begriffen, Urtheilen und Schlüſſen gehörte, jedes zuſammen und auch hier in gehöriger Ordnung abhandelte; ſo hätte dieſer Einheit in die Erkenntniß gebracht, er hätte ihr eine ſyſtematiſche Form gegeben, ſie zur Wiſſenſchaft gemacht.

F. Wie nennt man das Verfahren, durch welches einer rohen Erkenntnißmaſſe oder einem Aggregat die ſyſtematiſche Form gegeben wird?

A. Methode; in wiefern nämlich Methode jede regelmäßige Art des Verfahrens bedeutet.

F. Welche Arten von Methode unterſcheidet man, nach denen Erkenntniſſe zu einem

wissenschaftlichen Ganzen verknüpft werden können?

A. Die analytische (auch auflösende, erfindende, heuristische, rückschreitende, regressive genannt) und die synthetische (zusammensetzende, wissenschaftliche, scientifische, vorwärtsschreitende, progressive).

F. Auf welche Weise verfährt man bei der analytischen Methode?

A. Man geht dabei von mehreren einzelnen und bekannten Wahrheiten aus. Nachdem man diese wohl eingesehen hat, vergleicht man sie mit einander, sucht das in ihnen Gleiche auf, und findet so durch Zusammenstellung desselben allgemeinere Wahrheiten. Mehrere solche allgemeine Wahrheiten vergleicht man abermals, sucht noch allgemeinere Wahrheiten aus ihnen zu ziehn, und fährt auf dieselbe Weise immer weiter fort, bis man endlich zu solchen allgemeinen Wahrheiten gelangt, denen man das ganze vorliegende Aggregat von bestimmten Erkenntnissen untergeordnet hat. Man geht also bei der analytischen Methode vom Besondern zum Allgemeinen fort; und in wie fern das Be-

sondre immer als vom Allgemeinen bedingt angesehen werden kann, steigt man von dem Bedingten oder Begründeten zu dessen Bedingungen und Gründen auf.

F. Wie verfährt man bei der synthetischen Methode, und wie verhält sich dieselbe zu der analytischen?

A. Bei der synthetischen Methode schlägt man gerade den umgekehrten Weg ein, als bei der analytischen. Diese sucht erst die Principien oder allgemeinsten und obersten Grundsätze einer Wissenschaft aus dem Besondern auf; die synthetische Methode dagegen hebt von den Principien an, und leitet das Besondre daraus ab. Sie setzt entweder allgemeine Wahrheiten voraus, oder bedient sich der, durch die analytische Methode gefundnen, und stellt sie in ihrer Anwendung auf die besondern Fälle dar. Sind diese besondern Fälle immer noch allgemeine Wahrheiten, so zeigt sie abermals das Besondre auf, was sich daraus ergiebt, bis sie endlich die ganze Erkenntnißmasse den obersten Principien untergeordnet hat. — Die analytische Methode ist die erfindende deßhalb genannt

worden, weil der menschliche Geist ihr immer beim Aufsuchen allgemeiner Wahrheiten gefolgt ist; die synthetische dagegen hat man auch mit dem Namen der wissenschaftlichen oder scientifischen belegt, weil nach ihr am passendsten und zusammenhängendsten ein Lehrgebäude sich vollständig darstellen läßt; nur muß man nicht vergessen, daß man meistens zu den Principien, mit denen man bei einer solchen synthetischen Darstellung den Anfang macht, erst auf analytischem Wege gelangt ist. — Dieses Büchlein ist, so weit es die Einkleidung des darin Enthaltenen erlaubt, nach der synthetischen Methode abgefaßt. Es sind darin erst die allgemeinen Gesetze des Denkens angegeben, und dann ihre besondre Anwendung auf Begriffe, Urtheile und Schlüsse gezeigt; und auch bei diesen einzelnen Abschnitten immer das Allgemeinere dem Besondern vorangeschickt worden. Wäre ich dagegen so verfahren, daß ich erst einzelne Begriffe mit einander verglichen hätte, um daraus die Gesetze des Denkens für Begriffe im Allgemeinen abzuziehen, eben so auch durch Vergleichung einzelner Urtheils- und Schlußarten erst die Ge-

sätze für Urtheile und Schlüsse im Allgemeinen gefunden; dann wieder durch Vergleichung der Denkgesetze bei Begriffen, Urtheilen und Schlüssen, die Gesetze des Denkens ganz im Allgemeinen gefunden, und nun erst als Principien sie abgesondert dargestellt hätte, so wäre ich analytisch verfahren. — Bei streng wissenschaftlichen Vorträgen bedient man sich immer der synthetischen Methode, weil sie den Zusammenhang der Erkenntnisse in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit von einander am deutlichsten einsehen lehrt; bei Lehrvorträgen und in Lehrbüchern aber wird man auch häufig die analytische Methode angewendet finden, wo sie vorzüglich an ihrem Platze ist, da sie den Geist übt, selbst allgemeine Wahrheiten aufzusuchen. — Zu den Hauptregeln bei dem synthetischen Verfahren gehört, daß man nicht willkührlich angenommene Sätze als oberste Principien aufstelle, von deren Wahrheit man keine vernunftgemäße Ueberzeugung hat; und daß man aus den einmal aufgestellten Principien dann die ganze Wissenschaft folgerecht (mit Consequenz) ableite. Ist man dieß nicht im Stande, so ist es ein

Zeichen, daß die Principien wo nicht falsch, doch auf unsicherm Grunde stehn, und einer sorgfältigern Prüfung bedürfen, ehe man im synthetischen Aufbau der Wissenschaft fortfährt.

F. Was wird hauptsächlich zur methodischen Darstellung einer Wissenschaft erfordert?

A. Man muß sich des Inhalts, des Umfangs und des Zusammenhangs der zu ihr gegebnen Erkenntnisse gehörig bewußt werden; das erste geschieht durch Erklärungen, das zweite durch Eintheilungen, das dritte durch Beweise.

Zwanzigstes Kapitel.

Von den Erklärungen.

F. Was versteht man unter Erklärung (declaratio) eines Begriffs?

A. Einen Satz, oder eine Verbindung von mehrern Sätzen, worin die Merkmale eines Begriffs auf eine Weise angegeben werden, daß man diesen dadurch von andern unterscheiden kann. Das Subjekt, dessen Merkmale eben angegeben werden sollen, heißt das

Erklärte (declaratum); und das Prädikat, was man als sein Merkmal angiebt, das Erklärende (declarans sc. membrum).

F. Was macht man für einen Unterschied zwischen Erläuterung, Beschreibung und Definizion, alles verschiednen Arten der Erklärung?

A. Erläuterung (explicatio) nennt man einen Satz, in welchem man etwas nur in so weit erklärt, als es zu einem gewissen Behuf hinreicht; Beschreibung (descriptio), wenn man viele Merkmale eines Begriffs angiebt, um die Unterscheidung desselben von andern zu erleichtern; Definizion (definitio) aber, wenn man nur die beiden Hauptmerkmale angiebt, deren eins, das Geschlecht (genus) anzeigt, unter welches das Erklärte gehört, während das andre, (nota specialis s. differentia specifica) anzeigt, wodurch sich das Erklärte von den übrigen Arten desselben Geschlechts unterscheidet.

F. Welches sind Beispiele hierzu?

A. Gesetzt ich spräche folgendermaaßen von der Philosophie: die Philosophie hellt unsern Verstand auf, gewöhnt ihn, nicht blos bei

der Außenseite der Dinge stehen zu bleiben, sondern nach ihrem innern Wesen, ihren Gründen zu forschen; übt ihn, überall im Besondern das Allgemeine nachzusuchen, und nicht nur in seinen Erkenntnissen sondern auch in seiner Handlungsweise überall nach einer vernunftgemäßen Einheit zu streben u. s. w. so hätte ich eine Erläuterung des Begriffes Philosophie in Beziehung auf die wohlthätigen Folgen, die ihr Studium auf unsern Geist äußert, gegeben. — Wollte ich nun eine vollständige Beschreibung von der Philosophie liefern, so müßte ich alle einzelnen Merkmale, die ihr überhaupt zukommen, angeben; indeß da dieß nicht anders als durch die vollständige Darstellung der Philosophie selbst geschehen könnte, so pflegt man auf dieselbe, wie überhaupt auf Wissenschaften diesen Ausdruck nicht zu beziehen, weil hier die Beschreibung mit der Darstellung der Sache selbst zusammenfiele; wendet ihn dagegen desto häufiger auf Naturgegenstände an. Wenn ich z. B. einen Baum beschreiben wollte, so würde ich die Merkmale angeben, die seinen Blättern, Stamm, Wurzel u. s. w. eigenthümlich sind,

Um eine Definizion des Begriffs Philosophie zu geben, würde ich sagen: sie sey die Wissenschaft, welche von den letzten Gründen und Zwecken der menschlichen Erkenntniß und Thätigkeit handelt. Hier ist das Genus, Wissenschaft; die differentia specifica, oder der specifische Unterschied aber, durch den sie sich von andern Objekten, denen auch der Begriff Wissenschaft als genus zukommt, unterscheidet: das Merkmal, daß sie von den letzten Gründen u. s. w. handelt: denn dieß Merkmal kommt keiner andern Wissenschaft zu. So wäre in der Definizion: Freiheit ist das Vermögen der Selbstbestimmung, Vermögen des genus; das Merkmal der Selbstbestimmung aber, wodurch sich die Freiheit von andern Vermögen unterscheidet, die differentia specifica. — Fortgesetzte Erläuterungen, um einen Begriff in mehrern Hinsichten zu entwickeln, geben eine Erörterung oder Auseinandersetzung (expositio).

F. Was versteht man unter analytischen und synthetischen Erklärungen?

A. Synthetische Erklärungen sind die gemachter, analytische dagegen die gegebe-

ner Begriffe. Unter gemachten Begriffen versteht man solche, die man durch Zusammensetzung gewisser Merkmale selbst erst gebildet hat; die andern heißen gegebene. Wenn ich z. B. die Merkmale, Linie und Gleichweitabstehen aller ihrer Punkte von einem gewissen Punkte zusammenvereinige, so werde ich mir dadurch den Begriff des Kreises machen; und wenn ich den Kreis dann als eine Linie erkläre, deren Punkte alle gleichweit von einem Punkte abstehn, werde ich eine synthetische (durch Zusammensetzung entstandne) Erklärung davon gegeben haben. Nehme ich aber z. B. die Begriffe der Gottheit und Freiheit oder Seele, so werden mir diese Begriffe schlechterdings gegeben seyn, und ich werde sie, wenn sie nicht gar einfache Begriffe sind, die sich überhaupt nicht erklären lassen, nur analytisch erklären können, indem ich sie in ihre verschiednen Merkmale auflöse (analysire).

F. Was versteht man unter Namenerklärungen, Sacherklärungen und Ursprungserklärungen?

A. Die Namenerklärung oder Worte-

erklärung (d. nominalis s. verbalis) giebt die Bedeutung eines Wortes durch andre gleichbedeutende Ausdrücke an, ohne etwas über das Wesen des Begriffs selbst auszusagen. Sie zweckt blos ab, Verwechslung des Ausdrucks, nicht der Begriffe selbst zu verhüten. So wäre es eine Namenerklärung, wenn ich sagte: Sehen ist der Sinneseindruck, welchen wir mittelst der Augen erhalten. Durch diese Erklärung sind wir um nichts klüger in dem geworden, worauf eigentlich das Wesen des Sehens beruht, aber wir wissen doch nun, worauf wir den Ausdruck **Sehen** zu beziehen haben. — Eine **Sach-, oder Realerklärung** (d. realis) ist die, wo man die wesentlichen Merkmale des Begriffs selbst angiebt, also nicht das Wort vom Worte, sondern den Begriff vom Begriffe unterscheidet. Dergleichen ist z. B. die oben angegebne Erklärung der Philosophie. — Eine **Entstehungs- oder Ursprungserklärung oder genetische Erklärung** (d. genetica) ist eine solche, welche die Entstehungsart eines Dinges angiebt; dergleichen z. B. folgende ist: der Kreis ist eine Fi-

gur, welche entſteht, wenn eine Linie, die an dem einem Ende befeſtigt iſt, an dem andern ſo lange herumgedreht wird, bis ſie wieder in ihre vorige Lage kommt. — Zu bemerken iſt, daß in der Mathematik die genetiſchen Erklärungen real, und die realen nominal genannt werden.

F. Was verſteht man unter Haupterklärung und Nebenerklärung?

A. Haupterklärung (d. primaria) iſt diejenige, welche die unmittelbaren Merkmale, Nebenerklärung (d. secundaria) dagegen, welche die mittelbaren Merkmale (ſ. S. 31) eines Begriffs angiebt. Man kann mit den Nebenerklärungen fortfahren, bis man auf einfache Merkmale gelangt; auf dieſe Weiſe wird ein Begriff immer mehr entwickelt.

F. Welche Begriffe laſſen ſich nicht real erklären?

A. Die einfachen, weil man von dieſen keine Merkmale angeben kann. So wird niemand vom Begriff des Seyns eine andere, als eine Worterklärung geben können; indem er etwa ſagt, es ſey ſo viel als exiſtiren; eben ſo wenig ſcheint eine Realerklärung des Lebens möglich zu ſeyn. Nur erläutern

laſſen ſich einfache Begriffe, d. h. für gewiſſe Beziehungen Merkmale von ihnen angeben.

F. Was gehört zur guten Definizion eines Begriffs?

A. Sie muß ſeyn 1) angemeſſen (adaequata), d. h. weder zu weit (latior ac. suo definito), noch zu eng (angustior); 2) abgemeſſen (praecisa); 3) nicht identiſch (idem per idem declarans); 4) ſo kurz und verſtändlich als möglich, und ohne bildliche Einkleidungen.

F. Was verſteht man unter einer zu weiten und einer zu engen Definizion?

A. Eine zu weite Definizion iſt eine ſolche, in welcher zu wenig Merkmale angegeben ſind; daher dieſelbe auch auf andre Gegenſtände, als den zu definirenden paßt, und man ihn deßhalb nicht gehörig von jenen unterſcheiden kann. Eine ſolche zu weite Definizion wäre z. B.: der Menſch iſt ein organiſches Weſen; denn nach ihr gehörten auch Affen und Gänſe zu den Menſchen. Eine zu enge Definizion iſt dagegen, wo zu viel Merkmale angegeben ſind; daher von dem zu definirenden Begriffe mehrere Theile

die eigentlich unter seinen Umfang gehörten, ausgeschlossen werden, blos weil sie das mit Unrecht aufgeführte Merkmal nicht besitzen. So wäre folgendes eine zu enge Definizion: der Mensch ist ein mit Vernunft begabtes irdisches Wesen mit einer weißen Haut. Hier wäre offenbar das Merkmal der weißen Haut zu viel; wenigstens möchten die Neger manches dagegen einwenden. — Eine Definizion kann in einer Hinsicht zu weit, in einer andern zu eng seyn: z. B. folgende: der Mensch ist ein organisches Wesen mit einer weißen Haut.

F. Was versteht man darunter, daß eine Definizion abgemessen seyn solle?

A. Sie soll keine zufälligen und abgeleiteten, sondern blos wesentliche und ursprüngliche, wo möglich auch lauter bejahende Merkmale (s. d. 1. Kap.) enthalten. So wäre gegen diese Regel gefehlt, wenn man, wie ein alter Philosoph, den Menschen als ein zweibeiniges Thier ohne Federn definirte. Denn erstlich ist das Merkmal der zwei Beine unwesentlich am Menschen, sonst würde jede Kugel, die dem Soldaten ein Bein wegnimmt, ihm auch

die Menschheit benehmen; und dann ist auch ein negatives Merkmal mit eingemischt. — Verneinende Merkmale nimmt man deßhalb nicht gern in eine Definizion auf, weil dadurch ja nichts zum Wesen des Dinges Gehöriges in den Begriff desselben gesetzt werden kann, indeß kann man sie bei Unterscheidung sehr verwandter Begriffe manchmal nicht ganz vermeiden. — Ein abgeleitetes Merkmal würde ich in die oben gegebene Definizion des Kreises mit aufgenommen haben, wenn ich gesagt hätte, er sey eine runde Figur. Denn daß er rund seyn muß, folgt schon daraus, daß alle Punkte desselben gleichweit von einem gewissen Punkte abstehn.

F. Was versteht man unter einer identischen Definizion?

A. Man nennt eine solche auch eine **Kreiserklärung** (orbis s. circulus in definiendo). Sie findet dann statt, wenn das Erklärte selbst, sey es in der Haupt- oder in einer Nebenerklärung wiederhohlt wird: und man somit durch das, was erst selbst erklärt werden soll, die Erklärung zu Stande bringen will. Solche wären z. B.: der Kreis ist eine kreisrunde

Figur. Das Leben beſteht in der lebendigen Thätigkeit organiſcher Geſchöpfe. Man ſieht leicht, daß durch ſolche Definizionen ein Begriff nicht im Mindeſten an Klarheit und Deutlichkeit gewinnen kann; doch fallen Ungeübte häufig in den Fehler, ſich derſelben zu bedienen.

F. Warum ſollen bei Definizionen keine bildlichen Ausdrücke gebraucht werden?

A. Weil man ſich bei ſolchen vielerlei denken kann, und mithin der Begriff durch ſelbige nicht hinlänglich beſtimmt und unterſchieden wird. Beiſpiele ſolcher Definizionen ſind: die Freundſchaft iſt ein Band der Seele; die Jugend iſt der Frühling des Lebens. Als dichteriſche Vergleiche betrachtet, können dergleichen Sätze ihre Statt finden, nur nicht als Erklärungen, die das Weſen eines Begriffs entwikkeln ſollen. In ſtreng wiſſenſchaftlichen Werken muß man ſich daher ihrer enthalten.

Ein und zwanzigſtes Kapitel.

Von den Eintheilungen.

F. Was iſt eine Eintheilung?

A. Eintheilung (divisio) heißt die

Angabe des Mannichfaltigen, das im Umfange eines Begriffs enthalten iſt, ſo bald ſie auf eine Weiſe geſchieht, daß die (contradiktoriſch oder conträr) entgegengeſetzten Vorſtellungen dabei von einander getrennt dargeſtellt werden. Man löſt alſo bei der Eintheilung den höhern Begriff in die unter ihm enthaltnen niedern, das Genus in die Species auf, dagegen man bei der Erklärung den Begriff in die in ihm enthaltenen Merkmale zerlegt. Der höhere Begriff, welcher eingetheilt wird, heißt das eingetheilte Ganze (totum divisum); die niedern Begriffe, in welche der höhere eingetheilt wird, die Eintheilungsglieder (membra dividentia); und das Merkmal, nach dem man die Eintheilung vornimmt, der Eintheilungsgrund (fundamentum divisionis). So iſt im Linnäiſchen Pflanzenſyſtem Pflanze das totum divisum; die einzelnen Pflanzengattungen und Arten die membra dividentia; die Zahl und Stellung der Staubfäden, nach der die Eintheilung geſchieht, das fundamentum divisionis.

F. Was verſteht man unter Worteintei-

lung, Sacheintheilung, Zertheilung, Anordnung?

A. Worteintheilung oder Unterſcheidung (divisio verborum s. distinctio) iſt die Angabe der verſchiednen Bedeutungen eines Worts; geht auf den Umfang eines beſtimmten Ausdrucks, nicht aber eines dadurch zu bezeichnenden Begriffes ſelbſt; gehört alſo vielmehr der Grammatik als der Logik an. Dergleichen iſt: Katze bedeutet einen langen ledernen Geldbeutel oder ein gewiſſes Raubthier oder eine Krankheit der Hüttenleute. Sacheintheilung dagegen iſt die wirklich logiſch ſtattfindende Trennung eines Begriffes in Gattungen und Arten. Z. B. die katzenartigen Thiere (membrum divisum) ſind der Löwe, der Tiger, die Hauskatze u. ſ. w. (membra dividentia). — Zerlegung oder Zertheilung (partitio), iſt nicht Zergliederung des Umfangs eines Begriffes oder unterſcheidende Angabe deſſen, worauf der Begriff als Merkmal bezogen werden kann; mithin von der eigentlichen Eintheilung (divisio) zu unterſcheiden; ſie iſt vielmehr nur die Angabe der Beſtandtheile eines zuſammenge-

ſetzten Ganzen (totius compositi); z. B. die Katze beſteht aus Kopf, Leib, Füßen, Schwanz u. ſ. w. Die Zertheilung oder Partition einer Gedankenreihe wird auch Anordnung (dispositio) genannt. Z. B. eine Abhandlung von den Katzen könnte folgende Dispoſition erhalten, daß man erſtens von den körperlichen Eigenſchaften, zweitens von der Lebensart derſelben, drittens von dem Nutzen und Schaden, den ſie ſtiften, ſpräche.

F. Wie unterſcheidet man die Eintheilungen in Hinſicht auf die Zahl der Theilungsglieder?

A. In zweigliedrige (dichotomae) und mehrgliedrige (polytomae), welche letztre dreigliedrig, viergliedrig u. ſ. w. ſeyn können. Eintheilungen mit contradictoriſchen Eintheilungsgliedern ſind nothwendig dichotomiſch, mit conträren können ſie auch polytomiſch ſeyn. Z. B. folgende Eintheilung des Menſchen: die Menſchen ſind weiße oder nicht weiße, ließe nicht mehr als zwei Glieder zu; dagegen die: die Menſchen ſind weiße, ſchwarze, braune, polytomiſch wäre.

F. Was verſteht man unter Nebeneintheilungen und Untereintheilungen?

A. Nebeneintheilungen (codivisiones s. divisiones coordinatae) entſtehen, wenn man einen Begriff nach verſchiednen Eintheilungsgründen eintheilt. Z. B. die Menſchen, nach der Farbe eingetheilt in weiße, ſchwarze u. ſ. w., dann nach ihren Verſtandeskräften in kluge, witzige, dumme u. ſ. w. würden Nebeneintheilungen geben. — Untereintheilungen (subdivisiones s. divisiones subordinatae) ſind ſolche, welche entſtehen, wenn ein Theilungsglied von Neuem eingetheilt wird. Hat man z. B. die Säugthiere in grasfreſſende, fleiſchfreſſende u. ſ. w. getheilt, ſo kann man wieder von den grasfreſſenden Thieren Untereintheilungen machen, indem man ſie in einhufige und mehrhufige theilt u. ſ. f. Dieſe Untereintheilungen kann man aber nur bis auf Einzelweſen fortſetzen, welche dann nur noch Partition erlauben. — Die Aufſtellung aller in Anſehung eines Begriffs möglichen einander bei- und untergeordneten Eintheilungen wird

ein System von Begriffen oder eine logische Tafel genannt.

F. Welche Regeln gelten für das Eintheilen?

A. 1) Der eingetheilte Begriff muß von den Theilungsgliedern völlig erschöpft werden; es muß kein Eintheilungsglied, was wirklich in dem Umfang eines Begriffs enthalten ist, davon ausgeschlossen, noch eins, was außer dem Umfang des Begriffs liegt, als Eintheilungsglied mit hineingezogen seyn. 2) Die Theilungsglieder müssen einander ausschließen; das heißt, es darf nicht etwas von einem Theilungsgliede auch unter ein andres Theilungsglied gebracht werden können; wogegen z. B. die Eintheilung der Blätter in rundliche, längliche, und gezähnte fehlen würde: denn es kann unter den gezähnten Blättern auch längliche und rundliche geben; mithin würde man nicht wissen, unter welches Eintheilungsglied man eigentlich ein solches Blatt zu bringen hätte, das sowohl gezähnt als länglich wäre. Diese Regel läßt sich nur beobachten, wenn man die Eintheilungsglieder contradiktorisch oder conträr

entgegengesetzt eingerichtet. 3) Die Eintheilung muß stetig fortschreiten: die Unterabtheilungen müssen nicht unter die obern gemischt und keine mittlere Eintheilung übersprungen werden. Theilte ich die Thiere in Säugthiere, Vögel, Fische, Amphibien und weißblütige Thiere, so hätte ich hier das höhere Eintheilungsglied, weißblütige Thiere, mit den niedern Säugthier, Vogel u. s. w. auf eine Stufe gestellt: da doch eigentlich die Unterordnung so statt finden sollte: die Thiere werden eingetheilt in rothblütige und weißblütige: die rothblütigen in Säugthiere, Vögel, Fische und Amphibien: die weißblütigen in Insekten, Crustaceen, Mollusken und Würmer*). Einen Sprung in der Eintheilung hätte ich gemacht, wenn ich die rothblütigen Thiere gleich in Pferde, Ochsen, Karpfen, Schlangen u. s. w. eingetheilt hätte, denn auf diese Weise wären die mittlern Eintheilungsglieder: Säugthier, Vogel, Fisch, Amphibie übersprungen. 4) Es müssen zweckmäßige, zur

*) Doch findet man bei einigen Thieren dieser Classe auch anders gefärbte Säfte.

Sache gehörige Eintheilungsgründe gewählt werden, die das Wesen der einzutheilenden Sache betreffen. Wer würde z. B. die Menschen bei einer naturgeschichtlichen Betrachtung derselben nach den Kleidern, die sie tragen, eintheilen!

Zwei und zwanzigstes Kapitel.

Von den Beweisen.

F. Was ist ein **Beweis** (argumentatio, probatio)?

A. Die (mittelst Schlüssen geschehende) Ableitung der Wahrheit einer Erkenntniß aus einer andern als wahr vorausgesetzten, oder auch die Darstellung des Grundes von der Nothwendigkeit eines Dinges. Die Urtheile aus welchen ein Beweis zusammengesetzt wird, machen seinen **Stoff** (materia); die Art ihrer Verknüpfung aber seine **Form** (forma) aus; die theils eine **innre** heißt: in so fern sie auf die eigenthümliche Beweisart selbst geht, theils eine **äußre**, in so fern sie den Ausdruck des Beweises durch Sätze bestimmt. Der **Beweisgrund** (fundamentum argumentationis s. pro-

bationis) ist dasjenige Urtheil, aus dem, als dem für wahr vorausgesetzten, eben eine Erkenntniß abgeleitet werden soll, und heißt, in Worten dargestellt, ein Grundsatz (principium). Dieser ist entweder ein höchster, letzter, absoluter; wenn er aus nichts weiter abgeleitet werden kann, also für unmittelbar gewiß angenommen wird, oder ein relativer, wenn er zwar aus noch höhern Grundsätzen sich ableiten läßt; doch aber für den bestimmten Fall, ohne selbst erst bewiesen worden zu seyn, als wahr vorausgesetzt wird. Die Beweiskraft, der Nerve oder die Seele des Beweises (nervus s. vis argumentationis s. probationis) besteht in dem wesentlichen Inhalt des Satzes oder der Sätze, aus denen das zu Beweisende gefolgert wird.

F. Wie unterscheidet man Vernunftbeweis und Erfahrungsbeweis?

A. Ein Vernunftbeweis oder Beweis a priori (arg. rationalis) ist ein solcher, wo man etwas aus allgemeinen, von unserm Erkenntnißvermögen als nothwendig anerkannten Grundsätzen folgert. Ein Erfahrungsbe-

weis, empiriſcher Beweis oder Beweis a posteriori dagegen iſt der, wo etwas aus ſinnlichen Wahrnehmungen (Thatſachen der Erfahrung) bewieſen wird. So iſt es ein Beweis a priori, wenn ich aus den Geſetzen der Schwere, deren Nothwendigkeit ich vorher eingeſehen habe, darthue, daß ein Stein, der von einer gewiſſen Höhe herabgefallen iſt, eine beſtimmte Zeit gebraucht habe, um auf der Erde anzulangen. Ein Beweis a posteriori dagegen wäre es, wenn ich das nämliche daraus bewieſe, daß ich den Stein wirklich nach Verlauf dieſer Zeit hätte auf dem Boden ankommen ſehen.

F. Was verſteht man unter einem direkten, unmittelbaren, oſtenſiven Beweiſe und einem indirekten, mittelbaren oder apagogiſchen?

A. Erſtrer iſt ein Beweis, in dem man das zu Beweiſende geradezu aus der Wahrheit des Beweisgrundes darthut, letzter dagegen, den man auch deductio ad absurdum nennt, ein ſolcher, wo man die Wahrheit des zu Beweiſenden aus der Falſchheit ſeines Gegentheils folgert. Die erſte Beweisart iſt im Allgemei-

nen der letztern vorzuziehen. Bei jener sieht man den Zusammenhang von Grund und Folge ein; bei dieser muß man zwar gezwungen das Bewiesene zugeben, erkennt aber den Grund nicht, warum es so und nicht anders sey. Die Logik kann übrigens nur solche indirekte Beweise für gültig erklären, wo die Wahrheit des zu Erweisenden aus der Falschheit seines direkten Gegentheils gefolgert wird; denn wollte man sie aus der Falschheit eines conträren Gegentheils folgern, so bedächte man nicht, daß es noch mehrere conträre Gegensätze geben könnte, deren einem vielleicht die Wahrheit zukäme, ohne daß es gerade der zu seyn brauchte, auf dessen Beweis man es eigentlich abgesehen. Vorzüglich häufig bedient sich die Mathematik der Deduktionen ad absurdum, wovon man in Euklids Elementen hinlängliche Beispiele finden kann; z. E. B. I. 7. 14.

F. Wie unterscheidet man Demonstration, Probation und wahrscheinlichen Beweis?

A. Demonstration oder apodiktischer Beweis (ἀπόδειξις, demonstratio sensu strictiori) ist ein solcher, der mit strenger Noth-

wendigkeit geführt wird, mithin gar keinen vernünftigen Einwurf erlaubt; Probazion (probatio sensu strictiori) hingegen heißt ein Beweis schlechthin, bei dem man von dieser Strenge der Beweisführung absieht. Ein wahrscheinlicher Beweis (arg. probabilis) heißt ein solcher, wo man mehr und gewichtigere Gründe für als wider eine Sache anführt, ohne sie doch zur völligen Gewißheit bringen zu können.

F. Wie unterscheidet man den allgemeingültigen Beweis (κατ' ἀλήθειαν, ad veritatem) von dem sondergültigen (κατ' ἄνθρωπον, ad hominem)?

A. Der erste ist ein solcher, der schlechthin und allgemein aus nothwendigen Gründen gültig ist, der seine Glaubwürdigkeit in sich selbst trägt, und der wahr bleibt, auch wenn er von niemand geglaubt würde; der andre aber ein solcher, der zwar in sich falsch ist, aber so geführt wird, daß er irgend eine oder mehrere bestimmte Personen, die den falschen Schein darin nicht zu entdecken wissen, von der Wahrheit des zu Beweisenden überzeugt. Weil unredliche Sachwalter sich dieser Art von Bewei-

seh häufig zu bedienen pflegen, hat man sie auch Advokaten- oder Rabulisten-Beweise genannt.

F. Wie unterscheidet man die Beweise hinsichtlich ihrer äußern Form?

A. In einfache (monosyllogistische) und zusammengesetzte (polysyllogistische); in schulgerechte oder förmliche und freie oder nichtförmliche; in vollständige oder unabgekürzte und unvollständige oder abgekürzte. — Die Bedeutungen dieser Benennungen ergeben sich leicht aus den Worten selbst.

F. Welche Regeln sind bei den Beweisen zu befolgen?

A. Zuvörderst sind alle die Regeln wohl dabei zu beobachten, die schon bei den Schlüssen angegeben wurden, da die ganze Beweisführung auf Schlüssen beruht. Dann aber muß man sich sorgsam vor folgenden Fehlern hüten: 1) Man erschleiche oder erbettle nichts (petitio principii s. fallacia quaesiti medii). Dieß thut man dann, wenn man etwas als Beweisgrund voraussetzt, was entweder geradezu falsch ist, oder doch selbst der Gewißheit noch ermangelt.

2) Man erweiſe nichts anders, als was erwieſen werden ſoll, oder mit andern Worten, man verdrehe den Fragepunkt (punctum quaestionis) des Beweiſes nicht; weil ſonſt der eigentliche Zweck des Beweiſes verfehlt wird. Der Fehler, den man gegen dieſe Regel aus Unbekanntſchaft mit dem eigentlichen Fragepunkt begeht, wird ignoratio elenchi genannt; dagegen die willkührliche Verdrehung deſſelben mutatio elenchi, und der daraus hervorgehende Schluß Sophisma mutationis elenchi. 3) Man vermeide Beweiſe, die ſich im Cirkel drehn; das ſind ſolche, wo man das zu Beweiſende als Beweisgrund von ſich ſelbſt braucht (orbis in demonstrando, diallelus s. δι' ἀλλήλων). 4) Man hüte ſich vor Sprüngen im Beweiſe (saltus in demonstrando s. probando); das heißt: man leite nicht einen Satz aus dem andern ohne die gehörigen vermittelnden Urtheile und Schlüſſe ab. In folgendem Beweiſe z. B. wäre ein Sprung: der Menſch hat einen Körper; alſo iſt er ſterblich: denn es fehlen hier die vermittelnden Urtheile: der Körper des Menſchen iſt allen Geſetzen organiſcher Körper unterworfen und alle organi-

ſchen Körper ſind ſterblich. — Sind indeß die weggelaſſenen Sätze von der Art, daß ſie jeder leicht von ſelbſt hinzudenkt, ſo hält man einen ſolchen Sprung für erlaubt; und ſucht durch dergleichen die Kürze des Ausdrucks zu befördern. 5) Man hüte ſich, zu viel zu beweiſen; d. h. man vermeide Beweisgründe, aus denen ſich zwar ſcheinbar die Wahrheit des zu Beweiſenden folgern ließe; die aber außerdem noch andre falſche Folgerungen geſtatten: dann der nach dem Frühern aus etwas Wahren nichts Falſches folgen kann, ſo müßte man dann einen ſolchen Beweisgrund für ungültig erklären, und mit ihm den ganzen Beweis. Wer z. B. die Erſcheinung, daß die Säfte in den Pflanzen in die Höhe ſteigen, aus einer Anziehungskraft der Sonne erklären wollte, würde zu viel beweiſen: denn dann müßten auch in andern, unorganiſchen Röhren Flüſſigkeiten durch eine ſolche Anziehung emporgehoben werden.

Angewandte Elementarlehre.

Drei und zwanzigſtes Kapitel.

Von den logiſchen Krankheiten (logiſche Pathologie).

F. Was begreift man unter dem Namen logiſcher Krankheiten?

A. Schein und Irrthum. Logiſcher Schein findet dann ſtatt, ſobald wir von einerlei Gegenſtänden verſchiedne Vorſtellungen, oder von verſchiednen Gegenſtänden einerlei Vorſtellungen haben. Werden wir durch ſolche zu falſchen Urtheilen veranlaßt, die wir für wahre halten, ſo nennt man dieſe Irrthümer.

F. Worin liegt der eigentliche Grund des Irrthums?

A. In der Beſchränktheit des menſchlichen Erkenntnißvermögens. Wenn nämlich unſer Geiſt im Stande wäre, Alles in ſeinen gehörigen Verhältniſſen zu ergründen, ſo würde kein Schein und mithin auch kein Irrthum für ihn ſtatt finden. So aber können mannichfache Einflüſſe die freie und geſetzmäßige Thätigkeit un-

ſers Erkenntnißvermögens hemmen und die Urtheilskraft zu falſchen Urtheilen beſtimmen, zumal wenn ſie von Natur ſchwach oder ungeübt iſt, oder wenn nicht die gehörige Aufmerkſamkeit auf die zu beurtheilenden Gegenſtände verwandt wird. —

F. Welches ſind die Einflüſſe, die logiſchen Schein und Irrthum hervorzubringen vermögen?

A. Hierher gehört zuvörderſt der Sinn. Dem Sinn für ſich allein kann aber nur Schein zukommen, nicht Irrthum, weil er nicht urtheilt. Sehe ich z. B. ein Blatt wegen einer Krankheit meiner Augen gelb, das eigentlich grün iſt; ſo iſt dieß ein Schein; weil ich von verſchiednen Gegenſtänden (einem wirklich gelben und einem grünen Blatte) hier einerlei Vorſtellungen erhalte. Wenn mir aber auch das Blatt wirklich gelb ſcheint, ſo kann mir doch mein Verſtand oder meine Vernunft, durch Schlüſſe geleitet, ſagen, das Blatt ſey nicht wirklich gelb, trotz dem daß es mir ſo ausſieht; In dieſem Falle alſo gerathe ich in keinen Irrthum, weil ich mich durch den Sinnenſchein

nicht zu einem falſchen Urtheile beſtimmen laſſe. Urtheile ich aber, das Blatt, was mir fälſchlich gelb ſcheint, ſey auch wirklich von dieſer Farbe, ſo würde ich dann einen Irrthum begehen. Man ſieht hieraus, daß, wenn die Sinne auch nicht ſelbſt irren, ſie doch durch ihren Einfluß auf das höhere Erkenntnißvermögen Irrthümer veranlaſſen können. Dieß kann theils durch die äußern Sinne geſchehen, wenn die Organe, an die ſie gebunden ſind, ſich nicht in dem gehörigen Zuſtande befinden, oder das gehörige Verhältniß und die gehörige Lage zu dem Wahrzunehmenden haben; theils durch den innern Sinn; indem hier öfters Gemüthszuſtände die Vorſtellungen von Objekten verdunkeln, oder auch innre Sinnesvorſtellungen wegen ihrer zu großen Lebhaftigkeit als äußre erſcheinen können. Manche nennen die ſinnlichen Irrthümer (errores sensuales) auch Verſchleichungsfehler (vitia subreptionis); weil der Verſtand dabei durch den Sinn gleichſam überraſcht oder beſchlichen wird.

F. Welche Einflüſſe ſind ferner fähig, Irrthümer zu erregen?

V. Wenn das Gedächtniß die gehabten Vorstellungen nicht treu aufbewahrt, oder zu lebhaft ist daß sie Vorstellungen entweder nicht mit der gehörigen Klarheit vergegenwärtigt, oder blos innre Bilder als wirkliche Gegenstände erscheinen läßt; oder wenn die Erinnerungskraft, welche die gehabten Vorstellungen wieder anerkennen soll (in so fern ist sie vom Gedächtniß unterschieden, das dieselben blos aufbewahrt) nicht gehörig wirkt, so können auch hierdurch Irrthümer entstehen; die man, wenn sie durch das Gedächtniß veranlaßt wurden, **Gedächtniß-Irrthümer oder Fehler** (errores memoriales) **nennt, einbilderische Irrthümer** (errores imaginarii) dagegen, wiefern die fehlerhafte Thätigkeit der Einbildungskraft sie erregte. Auch die Ideenassociation oder unwillkührliche Gedankenverbindung, vermöge deren eine im Gemüthe statt habende Vorstellung das Entstehen einer andern veranlassen kann, wenn sie ihr entweder ähnlich oder mit ihr contrastirend (im Gegensatz stehend) ist, oder schon früher einmal im Gemüthe mit ihr in Verbindung statt gefunden hatte; kann Ein-

fluß auf die Erregung von Irrthümern haben; indem dadurch Vorstellungen, die nicht zusammengehören, verknüpft und verschiedne Vorstellungen verwechselt werden können.

F. Was versteht man unter sprachlichen oder symbolischen Irrthümern (errores linguistici s. sermocinales)?

A. Dieß sind solche, welche aus Mißverstehen von Worten oder Säzen herrühren. Die große Mannichfaltigkeit und Vieldeutigkeit der Worte veranlaßt dieselben häufig; zumal da die Sprache und die Schriftzeichen eins der hauptsächlichsten Erweckungsmittel unsrer Erkenntniße sind.

F. Ist nicht auch das Begehrungsvermögen und Gefühlsvermögen ein Quell von Irrthümern?

A. Allerdings. Die Stimmungen unsers Begehrungs- und Gefühlvermögens haben sehr viel Einfluß auf die Urtheile, die wir fällen, und können uns geneigter machen, dieses oder jenes auch ohne hinlängliche Gründe die wahr oder falsch zu halten, je nachdem es mit unserm Gemüthszustande übereinstimmt oder nicht. So

glaubt der Geizige von seiner Leidenschaft (einem übermäßigen sinnlichen Begehren) verblendet, Geld sey das höchste Gut; so sieht der Trübsinnige Alles in schwarzem Lichte. Auch können besondre Stimmungen unsers Gemüths unsre Aufmerksamkeit von Gegenständen ablenken, indem sie dieselbe blos auf die zu ihnen zusammenstimmenden hinleiten, und dadurch veranlassen, daß unklare, verworrene, oder geradezu falsche Vorstellungen von jenen in uns entstehen.

F. Können auch wohl äußre Umstände zur Entstehung von Schein und Irrthum Veranlassung geben?

A. Ja. Körperbeschaffenheit, Erziehung, gesellschaftliche Verhältnisse, Vaterland, Lebensart, Gewohnheiten aller Art und noch viel Andres dergleichen können wenigstens als entfernte Ursachen zu Irrthümern angesehen werden, indem sie der Thätigkeit unsers Geistes mittelbar oder unmittelbar eine besondre und einseitige Richtung geben.

F. Was versteht man unter Vorurtheilen (praejudicia)?

A. Dieß sind Irrthümer, welche aus ei-

nem Schein entſpringen, der durch äußre Umſtände (ſ. die vorige Frage) veranlaßt worden iſt. So werden viele Vorurtheile durch Erziehung, Gewohnheit u. ſ. w. veranlaßt, wovon das tägliche Leben genug Beiſpiele liefert. Hierher gehören Vorurtheile des Adels, des Standes, Vorurtheile, daß dieß oder jenes Land das beſte ſey u. ſ. w.

F. Iſt ein vorläufiges Urtheil wohl von einem Vorurtheile verſchieden?

A. Allerdings. Ein vorläufiges Urtheil (j. praevium s. praeliminare) nämlich iſt ein ſolches, welches man fällt, ohne noch hinlängliche Gründe ſeiner Gültigkeit angeben zu können; aber mit dem Vorbehalte, es weiterhin zu prüfen.

F. Was verſteht man unter rationalen Irrthümern?

A. Dieß ſind ſolche, welche aus einer falſchen Anwendung der Geſetze des Verſtandes oder der Vernunft entſpringen; dergleichen ſind, wenn man daraus, daß zwei Dinge in der Zeit auf einander folgen, den Schluß macht, daß das eine der Grund das andern ſey (post

hoc; ergo propter hoc); oder wenn man überhaupt etwas aus einem falschen Beweisgrunde folgert.

F. Wie unterscheidet man Grundirrthümer (errores principales, radicales, originarii, πρωτα ψευδη) und abgeleitete (err. derivativi)?

A. Erstres sind solche falsche Urtheile, aus denen andre falsche gefolgert werden; die daraus gefolgerten heißen abgeleitete Irrthümer. Jeder Irrthum, in wie fern er als Grundsatz gebraucht wird, wird zum Grundirrthum, und kann sehr nachtheilig wirken, indem er zur Herleitung einer Menge andrer Irrthümer dient.

F. Wie unterscheidet man theoretische oder speculative und praktische Irrthümer?

A. Erstres sind solche, welche blos die Wahrheit unsrer Erkenntnisse benachtheiligen; letztres solche, die auch auf unser Handeln Einfluß haben. So wäre der in einem praktischen Irrthum, der den Selbstmord für erlaubt hielte.

Vier und zwanzigstes Kapitel.

Von den logischen Heilmitteln (logische Therapeutik).

F. In wie fern ist der Irrthum vermeidlich?

A. Da jeder Mensch ein hinsichtlich seines Erkenntnißvermögens beschränktes Wesen ist, da jeder den Einflüssen sich ausgesetzt befindet, welche zur Erzeugung von Irrthümern mitwirken können, so ist auch jeder Mensch im Allgemeinen dem Irrthum unterworfen. — Da aber jeder Irrthum aus einem Schein entspringt, und es im Grunde nur der freien Thätigkeit unsrer Urtheilskraft anheim gestellt bleibt, ob sie diesen Schein zu einem Irrthum machen will, so ist in so fern jeder einzelne Irrthum durch ein vorsichtiges Verfahren wohl vermeidlich. Im Allgemeinen also werden bei jedem, auch dem weisesten und klügsten Menschen Fälle vorkommen, wo er irrt; aber deßhalb darf keiner sich damit entschuldigen, daß er gerade in diesem oder jenem einzelnen bestimmten Falle

habe irren müssen, weil das Irren im Allgemeinen unvermeidlich sey.

F. Wie unterscheidet man die Mittel gegen den Irrthum (remedia erroris)?

A. In vorbeugende (remed. praeservantia) und in heilende (remed. sanativa); die ersten verhüten die Entstehung des Irrthums; die andern heben den schon entstandenen Irrthum auf.

F. Welches sind Vorbeugungsmittel gegen den Irrthum?

A. 1) Bekanntschaft mit unsern Erkenntnißkräften, den Gesetzen ihrer Wirksamkeit und den Schranken ihrer Anwendung 2) Kenntniß der verschiednen Quellen des Irrthums 3) Vorsicht, Besonnenheit und Ueberlegung im Urtheilen 4) Zurückhaltung (ἐποχή) des Beifalls in allen zweifelhaften Fällen. — Die letzte Regel besagt, man solle, wenn man nicht hinlängliche Gründe für die Wahrheit eines Urtheils hat, nicht dennoch dasselbe als solches gewiß annehmen und fällen, sondern vielmehr es unentschieden lassen.

F. Welches sind die heilenden Mittel gegen Irrthümer im Allgemeinen?

A. Blos die Entdeckung und Auflösung des Scheins, der den Irrthum erzeugte, können als solche gelten. Der Schein wird entdeckt, wenn man die veranlassenden Ursachen des Irrthums in dem bestimmten Falle kennen lernt; aufgelöst, wenn man die verschiednen Vorstellungen, die man für einerlei hielt, unterscheidet, und die identischen Vorstellungen, die man für verschieden hielt, für einerlei anerkennt.

F. Wie kann man aber wissen, daß man im Irrthum befangen sey, und also veranlaßt werden, ihn zu heben?

A. Unmittelbar kann man von einzelnen bestimmten Irrthümern dieß freilich nicht wissen, denn sonst wären es ja keine Irrthümer mehr, wenn man ihre Falschheit schon eingesehen hätte. Aber weil uns immer das Bewußtseyn vorschweben muß, daß wir als Menschen im Allgemeinen dem Irrthum unterworfen sind, so müssen wir uns bei jedem einzelnen Urtheil, das wir fällen, wenigstens die Möglichkeit den-

fen können, es sey ein irriges, und durch wiederhohlte Prüfung und Vergleichung mit den Urtheilen andrer darüber gewiß zu werden suchen.

F. Welches sind die Mittel gegen die oben angeführten einzelnen Arten des Irrthums?

A. Sie bestehen blos in der richtigen Anwendung der bisher zur Verhütung und Heilung von Irrthümern angegebnen Regeln auf die einzelnen Fälle.

Fünf und zwanzigstes Kapitel.

Von der Erwerbung der Erkenntnisse und insbesondre der Erfahrung.

F. Welches sind die Wege, auf denen wir zu Erkenntnissen gelangen?

A. Die Erfahrung und das Nachdenken.

F. Was verstehen wir unter Erfahrung?

A. Wir sagen dann, daß wir eine Erfahrung machen, wenn wir etwas mittelst der Sinne wahrnehmen.

F. Wie nennt man den Erfahrungsweg, auf dem man zu Erkenntnissen gelangt?

E. Den empiriſchen Weg, von dem griechiſchen Worte Empiria, welches Erfahrung bedeutet. Die Erkenntniſſe ſelbſt, die durch Erfahrung erlangt ſind, heißen empiriſche, oder Erkenntniſſe a posteriori, und werden den rationalen oder Erkenntniſſen a priori entgegengeſetzt, das ſind ſolche, die nicht auf dem Wege der Erfahrung erlangt ſind; mithin, wenn es ſolche giebt, entweder ſchon urſprünglich in uns liegen, oder doch durch das höhere Erkenntnißvermögen vermittelt werden.

F. Von welcher Beſchaffenheit ſind die empiriſchen Erkenntniſſe?

A. Empiriſche Erkenntniſſe können als ſolche nie vollkommen allgemeine und nothwendige Gültigkeit haben. Die Erfahrung zeigt uns nämlich immer blos Einzelnes; und wenn wir auch noch ſo viel Einzelnes angeſchaut oder empfunden hätten; ſo würde uns das doch noch keinen Aufſchluß über die Dinge geben, die wir nicht angeſchaut oder empfunden hätten. Die Erfahrung kann mir, ſtreng genommen, eigentlich weiter gar nichts lehren, als daß dieſe oder jene Eigenſchaft ſich an den einzelnen Dingen,

die ich wahrgenommen, befinde, ob sie sich an Dingen, die ich nicht wahrgenommen, auch befinde, darüber kann sie nichts aussagen; und eben so wenig, daß sie nothwendig an dem wahrgenommenen Dinge vorhanden seyn müsse. Unsre Vernunft selbst kann aus Erfahrungen keine allgemeinen und nothwendigen Folgerungen ziehen; denn sonst müßten Umkehrungsschlüsse (s. S. 119) statt finden können der Art, daß sich aus einem besondern Urtheil ein allgemeines, und aus einem assertorischen ein apodiktisches ableiten ließe. Dergleichen Schlußarten sind aber der Vernunft nicht gestattet.

F. Hat man nicht aber dennoch Schlußarten, welche aus dem Besondern oder Einzelnen das Allgemeine und Nothwendige abzuleiten suchen?

A. Ja. Dieß sind die Schlüsse nach der Induktion und Analogie, die aber eben deßhalb bloße Wahrscheinlichkeit und keine strenge Gewißheit geben können, weil sie von der Erfahrung ausgehn. Sie beruhen auf der Voraussetzung einer durchgängigen Gesetzmäßigkeit in

der Natur, die sich unser Verstand gedrungen fühlt, anzunehmen.

F. Wie verfährt man bei der induktiven Schlußart?

A. Wenn wir beobachtet haben, daß ein bejahendes oder verneinendes Merkmal vielen Einzeldingen einer Art zukomme, so schließen wir nach dem induktiven Verfahren, dasselbe Merkmal werde auch in allen übrigen Einzeldingen derselben Art vorhanden seyn, ob es gleich in denselben noch nicht wahrgenommen worden ist; und die nämliche induktive Schlußart liegt auch der Annahme zum Grunde, daß ein Merkmal, wenn es mehreren Arten einer Gattung zukammt, auch allen übrigen Arten dieser Gattung zukommen werde, wenn man es gleich noch nicht wirklich in ihnen wahrgenommen. Kurz kann man den Grundsatz der Induktion so ausdrücken. Was von vielen zu einer Art oder Gattung gehörigen Dingen gilt, gilt auch von den übrigen. — Beispiele von induktiven Schlüssen sind: Alle Pflanzen, die ich bisher gesehen habe, hatten grüne Blätter; also werden auch die Pflanzen, die ich nicht wirklich gesehen,

grüne Blätter haben. Alle Menschen, von denen ich durch eigne oder fremde Erfahrung belehrt worden bin, waren sterblich, also werden überhaupt alle Menschen sterblich seyn. — Man sieht leicht, daß diese Schlüsse nicht die ordentliche innre Form von Vernunftschlüssen annehmen können: denn der Obersatz würde immer partikular bleiben. Die Wahrscheinlichkeit kann indeß oft sehr groß werden, die man durch diese induktive Schlußart erhält, nur muß man nicht zu wenige Erfahrung gemacht haben, von denen man schließt; sonst kann man zu solchen übereilten Folgerungen verleitet werden, als wohl alle Tage vorkommen.

F. Wie unterscheidet man vollständige und unvollständige Induktion.

A. Vollständige Induktion ist eine solche, wo man von allen Einzeldingen einer Art, oder allen einzelnen Arten einer Gattung die Erfahrung gemacht hat, daß irgend ein Merkmal ihnen zukomme, und daraus schließt, daß es auch der ganzen Gattung zukomme. Diese Schlußart nach vollständiger Induktion hätte, wie fern die Erfahrungen gegründet wä-

ten, auf denen sie beruhte, auch allgemeine und nothwendige Gültigkeit; aber sie findet eigentlich gar nicht statt, denn, wie kann man denn wissen, daß man wirklich mit allen Einzeldingen oder Arten einer Art oder Gattung durch die Erfahrung bekannt worden sey; da ja nichts hindert, daß außer den wahrgenommenen noch andre statt finden. Unvollständige Induktion ist die schlechthin so genannte Induktion, von der oben die Rede war, wo man von nur Mehrerem auf das Allgemeine schließt.

F. Wie verfährt man bei der Schlußart nach der Analogie?

A. Nach ihr schließt man, daß Dinge, wenn sie in mehrern der von ihnen bekannten Merkmale übereinstimmen, auch in den übrigen übereinstimmend seyn werden, obgleich deren Uebereinstimmung hierin noch nicht wahrgenommen worden ist. Wenn man also nach der Induktion, um es ganz kurz auszudrücken, so schließt: Eines in Vielem also in Allem; so schließt man dagegen nach der Analogie: Vieles in Einem; also Alles in diesem Einem. Die Wahrscheinlichkeit, welche die Analogie gewährt (denn Gewißheit

läßt sich durch sie eben so wenig, als durch die Induktion erhalten), wird um so größer, in je mehrern Stücken das Ding, auf welches man den Schluß macht, mit dem übereinstimmend beobachtet worden ist, von welchem man den Schluß macht. Beispiele analoger Schlüsse sind: Ich sehe ein organisches Ding, welches mit mehrern andern organischen Dingen darin übereinstimmt, daß es Blüthen, Blätter, Stamm hat; da nun diese ich zugleich eine Wurzel haben, so schließe ich daraus, daß auch jenes eine Wurzel haben wird. So ist es auch ein Schluß nach der Analogie, wenn ich schließe, daß Menschen die in ihren Gesichtszügen übereinkommen, auch in ihrem Charakter übereinkommen werden. — Die Schlußart der Analogie beruht im Grunde darauf, daß man annimmt, es sey von Dingen, die mit einander in mehrern Stücken übereinkommen, ein gemeinsamer Grund vorhanden; und da aus gleichem Grunde auch Gleiches folgen muß, so werde auch dieser gemeinsame Grund gemeinsame Folgen für die Dinge in jeder, nicht blos den wahrgenommenen Hinsichten, hervorgebracht ha-

hen. — Die neuere, der Schellingschen Identitätsphilosophie entsprossene Naturphilosophie, welche von Allem blos Einen Realgrund anerkennt, sucht besonders häufig durch Analogieen zu beweisen.

Sechs und zwanzigstes Kapitel.

Fortsetzung.

F. Was ist eigne und fremde Erfahrung?

A. Eigne Erfahrung ist diejenige, wo Gegenstände von uns selbst, fremde, wo sie von andern wahrgenommen werden.

F. Was sind Beobachtungen und Versuche?

A. Beobachtungen (observationes) sind absichtliche, mit Aufmerksamkeit verknüpfte Wahrnehmungen gegebener Erscheinungen ohne willkührliche Veränderung derselben; Versuche (experimenta) dagegen, absichtlich angestellte Veränderungen mit gegebenen Gegenständen, die willkührlich und zu dem Zwecke vorgenommen werden, irgend eine bestimmte Eigenschaft derselben näher kennen zu lernen; in-

dem man durch solche Veränderungen dahin gelangt, sie von mehrern Seiten, und in mehrern Verhältnissen beobachten zu können. Beide, Beobachtungen und Versuche dienen, der eignen Erfahrung Sicherheit und Bestimmtheit zu geben, und müssen wo möglich immer mit einander verbunden werden.

F. Was hat man zu thun, wenn man sich fremder Erfahrungen zur Vervollkommnung seiner eignen Erkenntniß bedienen will?

A. Man muß die Glaubwürdigkeit des Zeugnisses (testimonium) d. i. des Berichtes prüfen, welchen andre über das von ihnen Wahrgenommene erstatten; damit man nicht in Gefahr laufe, fremde Irrthümer oder absichtliche Unwahrheiten zu eignen Irrthümern zu machen. Hierbei hat man nun sowohl auf die innere als auf die äußere Glaubwürdigkeit des Zeugnisses zu sehen.

F. Was versteht man unter innerer und äußerer Glaubwürdigkeit?

A. Die innere Glaubwürdigkeit eines Zeugnisses hangt davon ab, ob die Sache, von der dasselbe spricht, an sich möglich oder

wahrſcheinlich iſt. Erzählte jemand z. B., daß er einen zehn Ellen großen Rieſen geſehen habe, ſo würde dieſer Erzählung alle innre Glaubwürdigkeit abgehen, wenn ſelbſt der Mann, der ſie erzählte, ſonſt als ein verſtändiger und wahrheitsliebender bekannt wäre. — Die äußere Glaubwürdigkeit eines Zeugniſſes dagegen hangt ab 1) von der Tüchtigkeit (dexteritas) des Zeugen, ob er wirklich die Erforderniſſe zu einer richtigen Wahrnehmung (geſunde Sinne und Verſtand) beſitze, und ob er
2) ein unmittelbarer Zeuge (Augenzeuge) oder blos ein mittelbarer (Ohrenzeuge) ſey: denn der erſtre hat immer mehr äußre Glaubwürdigkeit für ſich, als der letztre. 3) Von der Aufrichtigkeit (sinceritas) des Zeugen, da mancher von freien Stücken, oder gezwungen die Wahrheit verläugnet, wenn er ſich ihrer gleichwohl bewußt iſt.

F. Was verſteht man unter einer Sage?

A. Eine Erzählung, die auf keinen beſtimmten Zeugniſſen beruht, die man alſo nicht einmal hinſichtlich ihrer äußern Glaubwürdigkeit gehörig prüfen kann. Hat ſich eine Sage durch

mehrere Menschenalter fortgepflanzt, so nennt man sie eine Ueberlieferung (traditio); und sobald sie gleich Anfangs auf keinen bestimmten Zeugnissen beruht, so heißt sie dann Gerücht (rumor).

F. Wie nennt man den Glauben, den man fremder Erfahrung gewährt?

A. Historischen Glauben (Fides historica).

Sieben und zwanzigstes Kapitel.

Von dem Nachdenken.

F. Worin besteht das Nachdenken (meditatio)?

A. In der absichtlichen Richtung des Denkvermögens auf einen gewissen Gegenstand der Erkenntniß, um sich über denselben gründlich zu belehren. Folgt man dabei seinem eignen Gedankengange, so heißt es ein unmittelbares, folgt man aber einem fremden Gedankengange, ein mittelbares Nachdenken. Das erstre heißt auch Nachdenken in engerm Sinne oder Nachdenken schlechthin.

F. Was hat man beim unmittelbaren Nachdenken zu beobachten?

A. Man muß methodiſch, nach den Regeln des Denkens dabei verfahren; ſich jeden Begriff, der beim Nachdenken vorkommt, klar und deutlich hinſichtlich ſeines Inhalts und Umfangs zu machen ſuchen, ehe man im Nachdenken weiter fortſchreitet; aus den hieraus ſich ergebenden Erklärungen und Eintheilungen muß man Folgerungen zu ziehn ſuchen, und ſich dabei eines Zwecks bewußt ſeyn, um welches willen man ſie zieht; man muß ferner die auf den Gegenſtand des Nachdenkens ſich beziehenden Vorſtellungen ſo mit einander verknüpfen, daß ſie ein leicht überſchauliches und zuſammenhängendes Ganze darſtellen.

F. Auf welche Weiſe kann das mittelbare Nachdenken ſtatt finden?

A. Theils durch Leſen (lectio), theils durch Hören (auditio); das Hören macht einen lebhaftern Eindruck; das Leſen dagegen erlaubt mehr Bedachtſamkeit und willkührliches Stillſtehen, um dem eignen Nachdenken dazwiſchen freies Spiel zu laſſen.

F. Was hat der, der durch Hören seine Erkenntniß vervollkommnen will, dabei zu beobachten?

A. Er muß sich auf den Gegenstand, über den er durch Hören sich unterrichten will, vorbereiten (praeparatio), oder eine vorläufige Kenntniß darüber zu verschaffen suchen, um im Stande zu seyn, beim Hören selbst dem Lehrer mit seinen Gedanken folgen zu können; er muß während des Hörens Acht geben (attentio), und nachher das Gehörte wiederhohlen (repetitio), damit es sich seinem Gedächtniß einpräge und von ihm noch reiflicher überlegt werden könne, daher der Spruch: repetitio est mater studiorum. Das Hören muß auch nie ein bloßes todtes Auffassen dessen seyn, was ein andrer sagt, sondern das eigne unmittelbare Nachdenken muß dabei auch immer in Thätigkeit seyn, um das Gehörte zu verarbeiten.

F. Was muß bei einer gründlichen Lektüre zuvörderst untersucht werden?

A. 1) Ob man die wirklichen Worte eines angeblichen Schriftstellers vor sich hat und 2) welches der wahre Sinn dieser Worte ist;

das erſte unterſucht die Kritik, das zweite die Hermeneutik (Exegetik, Auslegekunſt).

F. Wie unterſcheidet man die Kritik?

A. In eine höhere und eine niedere. Die höhere Kritik unterſucht die Aechtheit (Authenticität) einer Schrift im Ganzen und nach ihren Haupttheilen, die niedere die Unverfälſchtheit (Integrität) derſelben in Anſehung der in ihr vorkommenden einzelnen Wörter und Sätze. So wird die höhere Kritik zu unterſuchen haben, ob die Reden, die man dem Cicero beilegt, wirklich alle von ihm ſind, ob er die Bücher ad Herennium, als deren Verfaſſer man ihn nennt, wirklich geſchrieben u. ſ. w., die niedre Kritik, ob dieſes oder jenes Wort, dieſe oder jene Stelle eingeſchoben, verſetzt oder verderbt ſey u. ſ. w. Die höhere Kritik ſucht die Aechtheit einer Schrift vorzüglich durch Vergleichung des eigenthümlichen Styls und Geiſtes derſelben mit dem, der in andern unbezweifelt ächten Schriften deſſelben Verfaſſers herrſcht, auszumitteln; die niedre Kritik nimmt hauptſächlich Vergleichungen mehrerer Abſchriften, Ueberſetzungen und Anführungen, die ſich

aus der zu prüfenden Schrift in andern Werken vorfinden, zu Hülfe; und erlaubt sich, wenn sie hierdurch nicht vollkommne Gewißheit erlangen kann, Vermuthungen (conjecturae) über die wahre Beschaffenheit der Schrift.

Acht und zwanzigstes Kapitel.

Von der Mittheilung der Erkenntniß.

F. Welche Arten der Mittheilung der Erkenntniß kann man unterscheiden?

A. Die einseitige, wo blos der eine Theil zur Belehrung des andern beiträgt, und die wechselseitige, wo beide Theile gegenseitig zu ihrer Belehrung beitragen. Erstres geschieht beim Unterricht; letztres bei der Unterredung.

F. Wie kann der Unterricht geschehen?

A. Sowohl mündlich als schriftlich; die logischen Regeln sind aber für beide Arten dieselben. Hauptsächlich kommt es beim Unterricht auf die Lehrart (methodus didactica) an, d. i. die Form des Vortrags, deren man sich zu Mittheilung der Erkenntnisse be-

dient; sie ist theils eine innre, in wie fern sie die Art der Anordnung und Verknüpfung der Gedanken selbst betrifft, theils eine äußre, in wie fern sie sich auf die Einkleidung und Darstellung der Gedanken durch Worte und Sätze bezieht.

F. Welche Arten des Vortrags unterscheidet man hinsichtlich der innern Form?

A. Zuvörderst die synthetische und analytische, je nachdem die Gedanken nach synthetischer oder analytischer Methode (s. Kap. 19.) verknüpft vorgetragen werden. — Nimmt man auf die Beschaffenheit der Subjekte Rücksicht, an die der Vortrag gerichtet ist, so wird er entweder schulmäßig oder volksmäßig; jenes für solche, die eine gründliche Kenntniß von der vorzutragenden Wissenschaft zu erlangen wünschen; und die nöthigen Vorkenntnisse dazu besitzen; dieses für solche, die ohne in die Wissenschaft zu tief eindringen zu wollen, und ohne die nöthigen Vorkenntnisse zu gründlicher Erlernung derselben zu besitzen, doch einige Einsicht in dieselbe erhalten wollen, im Allgemeinen also für Ungelehrte, für das Volk. Der

schulmäßige Vortrag heißt auch der scholastische, gelehrte, wissenschaftliche, scientifische, systematische, akroamatische, esoterische. Er befolgt eine streng logische Ordnung, sucht die möglichste Vollständigkeit und Genauigkeit zu erreichen, und bedient sich eigner Kunstwörter (termini technici) zu angemessener Bezeichnung der Gedanken, die manchmal von dem gewöhnlichen Sprachgebrauche in ihrer Bedeutung sehr abweichen. Der volksmäßige Vortrag wird auch der populare, exoterische genannt. Er muß der Verständlichkeit halber, weil er immer Lernende von weniger wissenschaftlichen Bildung voraussetzt, von dem streng logischen Verfahren nachlassen, sich an den gewöhnlichen Redegebrauch halten, und durch Beispiele das Vorgetragene möglichst zu erläutern suchen; er muß seine Belehrungen an Dinge anknüpfen, von denen vorausgesetzt werden kann, daß sie auch dem Ungelehrten schon bekannt sind, und öfters sich weit mehrerer Worte bedienen, als die scientifische Lehrart, um, was vielleicht auf eine Weise ausgedrückt, nicht verstanden wurde, durch andre Ausdrücke und Wendungen deutlich zu

machen. — Die mathematiſche Methode des Vortrags iſt nichts anders als die ſcientifiſche Methode, auf die Mathematik angewandt. Daß ihre Sätze dabei unter beſondern Titeln gewöhnlich aufgeführt werden, iſt nichts Weſentliches, und bezieht ſich vielmehr auf die äußre Form.

F. Welche Arten des Vortrags kann man hinſichtlich der äußern Form unterſcheiden?

A. Eine abgebrochene (fragmentariſche, aphoriſtiſche, rhapſodiſtiſche), wenn man ſeine Gedanken blos in kurzen Sätzen vorträgt, wie z. B. in Hippokrates mediciniſchen und Platners philoſophiſchen Aphorismen der Fall iſt, und eine zuſammenhängende (kontinuirliche, koharirende), wenn die Gedanken in fortlaufendem Zuſammenhange vorgetragen werden; — eine unbildliche, direkte und eine bildliche, paraboliſche, indirekte, räthſelhafte, änigmatiſche; je nachdem man ſeine Gedanken geradezu ausdrückt, oder in Bilder, Gleichniſſe, räthſelhafte Erzählungen einkleidet; — eine einſprachige (monologiſche) und zweiſprachige (dialogiſche); die letzte, wenn blos Fragen und Antworten dabei gewechſelt wer-

den, heißt auch die erotematiſche, und iſt dann entweder katechetiſch oder ſokratiſch (nach Sokrates ſo genannt, der in dieſer Art des erotematiſchen Vortrags Meiſter war), je nachdem ſie blos das Gedächtniß oder den Verſtand des Lernenden in Anſpruch nimmt; bei der katechetiſchen Methode wird nämlich dem Lernenden blos abgefragt, was er ſchon wußte, oder wiſſen ſollte; bei der ſokratiſchen dagegen werden die Fragen ſo eingerichtet, daß ſich im Gefragten das ſelbſt zu entwickeln ſcheint, was ihm der Fragende mittheilen wollte. Um Beiſpiele hierzu zu haben, thut man am beſten, Xenophons Memorabilien oder Dialogen von Plato zu leſen, in denen Sokrates redend eingeführt wird. — Weiter unterſcheidet man die epiſtolariſche Form, wo ein ſchriftlicher Vortrag in Briefform abgefaßt iſt; die ſyllogiſtiſche, wo er in förmlichen Schlüſſen abgefaßt wird; die tumultuariſche oder deſultoriſche, wenn er unordentlich, verworren und häufig von einem Gegenſtande auf den andern überſpringend iſt; die abſchweifende, digreſſive, wenn man häufig vom Hauptgegen-

ſtande des Vortrags abgeht, um bei Nebengegenſtänden zu verweilen.

F. Was muß Statt finden, wenn die Unterredung, als wechſelſeitige Gedankenmittheilung, dienen ſoll, die Erkenntniß zu vervollkommnen?

A. Die Unterredenden müſſen dahin ſtreben, über ſolche Gegenſtände, in Hinſicht derer ihre Urtheile verſchieden ſind, Einſtimmung zu erlangen, ſo daß ſie bei dem Wahren ſtehen bleiben. Da nun von dem Unterredenden jeder, im Anfange wenigſtens, ſeine eigne Meinung für die wahre hält — denn ſonſt würde es ja gar nicht ſeine Meinung ſeyn — ſo wird jeder den andern dahin zu bringen ſuchen, daß er, (der andre) ſeine Meinung aufgebe, und der beipflichte, die er ſelbſt, (der erſtre) hat. Da nun dieß Streben von beiden Seiten ſtatt findet, ſo entſteht hieraus ein thätiger Gegenſatz zwiſchen den Unterredenden, welcher Gedanken-Verſtandes oder Vernunftſtreit (pugna intellectualis s. logica) genannt wird.

F. Wie kann der Gedankenstreit geführt werden?

A. Entweder in Gestalt eines vertraulichen Gesprächs (colloquium familiare) oder als öffentlicher und feierlicher Meinungskampf (disputatio solemnis)

F. Welche Regeln gelten bei beiden Arten des Gedankenstreits, wenn er vernunftmäßig geführt werden soll?

A. Man muß immer den Zweck der Unterredung im Auge behalten, nämlich die Wahrheit durch den wechselseitigen Widerstand zu gewinnen. Deßhalb muß man die Behauptungen seines Gegners nicht blos bestreiten, d. h. auf irgend eine Art durch Benutzung der Schwächen des Gegners, diesen zum Schweigen zu bringen suchen, sondern durch allgemeingültige Gründe ihn widerlegen. Man muß beim Streit selbst den Streitpunkt (status controversiae), d. i. den Gegenstand, in dessen Hinsicht die Urtheile verschieden sind, möglichst

bestimmen, und nicht von ihm abweichen; man muß sich über die Grundsätze, die zur Grundlage des Streits dienen sollen, vereinigen; weil, wenn jeder aus einem entgegengesetzten Grundsatze etwas beweist, keiner den andern widerlegen kann, bis er den Grundsatz selbst widerlegt hat; man müßte also, wenn man über die Grundsätze nicht einig wäre, erst über diese streiten, ehe man über die daraus zu ziehenden Folgerungen streiten dürfte. Daher der Spruch: contra principia negantem non disputari potest. — Man muß ferner unnützen Wortstreit oder Logomachieen vermeiden; nicht über Dinge streiten, die überhaupt nicht ausgemacht werden können, weil sie die Gränzen unsrer Erkenntniß überschreiten; auch nicht über solche, die des Streitens nicht werth sind (de lana caprina). — Die Beweise des Gegners sind nicht blos nach ihrer formalen, sondern auch nach ihrer materialen Richtigkeit zu prüfen, und wo ein Irrthum entdeckt wird, muß zugleich auf die Quelle des Irrthums aufmerksam gemacht werden. — Hat man den Beweis eines Satzes widerlegt, so muß man nicht

gründen, dadurch den Satz selbst widerlegt, oder für die Richtigkeit der eignen Meinung bewiesen haben; denn außer dem widerlegten Beweise des Gegners können noch andre gültigere für seinen Satz statt finden. Der Streit muß endlich mit Humanität und ohne Leidenschaftlichkeit geführt werden.

In demselben Verlage sind erschienen:

Neuer französisch-militärischer dekretirter Katechismus.

oder vollständige Abhandlung über die Kriegsübungen der Infanterie und Kavallerie, mit Kanonen, Bomben und Pikn nebst einer deutlichen und kurzen Erklärung der gewöhnlichsten Evolutionen, sowohl zu Kriegs- als Friedenszeiten. Mit 8 großen Kupfern, welche die Manoeuvres, eine genaue Kenntniß aller militärischen Waffen, und die Ansicht des Lagers von Paris vorstellen. Aus dem Franz. übersetzt, 2te Auflage mit Kupfern. gr. 8. 1 Thlr.

Katechismus der Architektur

für die elegante Welt und unsre Schulen, zur Beförderung richtiger Begriffe von der Baukunst und der Säulenordnung. Nach dem Englischen. Mit Kupfern. kl. 8. broch. 12 Gr.

Kleiner Katechismus der Bierbrauerei,

oder erster Unterricht für den Bürger und jeden Anfänger im Brauwesen. Mit einigen Zusätzen und mehrern Anmerkungen begleitet von Dr. F. F. Hermbstädt. 12. broch. 8 Gr.

Katechismus des Handels,

oder Einleitung in die Handlungswissenschaft. Aus dem Englischen von C. F. Michaelis. 12. broch. 12 Gr.

Katechismus der Musik,

oder kurze und faßliche Erläuterung der wichtigsten, die Tonkunst betreffenden Begriffe und Grundsätze. Aus dem Englischen nach der zweiten Ausgabe von C. F. Michaelis. 12. broch. 12 Gr.

Katechismus der Botanik,

als Anleitung zum Selbststudium dieser Wissenschaft und als botanisches Wörterbuch zu gebrauchen. Erste

Lehrbuch
des
Galvanismus
und der
Elektrochemie.

Nach den Originalquellen
bearbeitet
von

Gustav Theodor Fechner,
Doctor der Philosophie, akademischem Docenten zu Leipzig, Mitgliede mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Mit zwei Kupfertafeln.

Leipzig, 1829.
Verlag von Leopold Voß.

Lehrbuch
der
Experimental-Physik
oder
Erfahrungs-Naturlehre
von
Jean Baptiste Biot.

> Qui tractaverunt scientias, aut empirici aut dogmatici fuerunt. Empirici, formicae more, congerunt tantum et utuntur; rationales, aranearum more, telas ex se conficiunt. Apis vero extra medio est, quae materiam ex floribus horti et agri elicit, sed tamen eam, propria facultate, vertit ac digerit.
>
> Bacon, Nov. Org. Lib. I. XCIV.

Durch Beschluß der Commission für den öffentlichen Unterricht als Lehrbuch in den öffentlichen Lehranstalten Frankreichs eingeführt.

Zweite Auflage der deutschen Bearbeitung.

Mit Hinzufügung der neuern und einheimischen Entdeckungen
von
Gustav Theodor Fechner,
Doctor der Philosophie, akademischem Docenten zu Leipzig, Mitgliede mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Dritter Band.
Mit zwei Kupfertafeln.

Leipzig, 1829.
Verlag von Leopold Voß.

Ex
Bibliotheca Regia
Berolinensi

Vorwort.

Ich hoffe, es wird bei denjenigen, welche die Darstellung der Lehre des Galvanismus im Biot'schen Original mit dem jetzigen Standpuncte dieses Zweiges der Physik vergleichen wollen, an sich selbst keiner Rechtfertigung bedürfen, daß ich diese Darstellung unterdrückt habe, und ich zweifle nicht, daß Biot selbst bei einer neuen Ausgabe seines Werks die wesentlichsten Veränderungen in diesem Bezuge vorgenommen haben würde. Die letzten Jahre haben für diese Lehre nicht nur so viele wichtige Bereicherungen herbeigeführt, sondern auch in vielen Hinsichten so ganz neue Gesichtspuncte für die Erscheinungen festgestellt, daß, wenn ich hätte versuchen wollen, mittelst Einschaltungen, Zusätzen und partiellen Abänderungen die Originaldarstellung auf eine für die Bedürfnisse des Lesers genügende Art zu modificiren, die ganze Gestalt des Originals ohnehin verloren gegangen, und an dessen Stelle doch nur ein der organischen Verbindung ermangelndes Ganze getreten seyn würde *. Der Mangel einer

* Ich brauche in diesem Bezuge nur daran zu erinnern, daß in der Originaldarstellung der Gebrauch des Multiplicators in der Lehre des Galvanismus noch gar nicht vorkommt. Der Verfolg dieses Werks selbst wird lehren, wie ohne diesen die wichtigsten Verhältnisse der Kette unerörtert bleiben müßten.

anderweiten genügenden Bearbeitung dieſes Zweiges der Phyſik nach den neuern Erfahrungen muß mir zugleich Entſchuldigung ſeyn, wenn ich bei dem neuen Aufbau deſſelben auf meine eignen Kräfte zu fußen geſucht habe, und ich hoffe, den Leſer überzeugen zu können, daß ich hiebei wenigſtens nicht leichtſinnig zu Werke gegangen bin.

Ich habe die Schwierigkeiten dieſes Unternehmens keineswegs verkannt. In der That, es herrſcht noch in keinem Zweige der Phyſik, ſelbſt nach allem, was in den letzten Jahren für die Fortſchritte des Galvanismus geſchehen iſt, ſo viel Unſicherheit und Widerſtreit der Meinungen über die weſentlichſten, ja erſten Grundprincipien, als eben in dieſer Lehre, ſo daß kaum ein Phyſiker iſt, der nicht in mehrern wichtigen Puncten von dem andern abweiche. Ja man möchte faſt fragen, ob nicht die Erfindung des Multiplicators noch mehr zur Verwirrung als zur Bereicherung dieſer Lehre beigetragen habe; mindeſtens iſt die Divergenz der Anſichten ſeitdem um ein gutes Theil gewachſen *.

---

* Es kann einiges Intereſſe gewähren, die Hauptwiderſprüche in dieſer Hinſicht zuſammenzuſtellen. Nachdem man ſich zuletzt bei der Volta'ſchen Anſicht beruhigt zu haben ſchien, daß in der Berührung der Metalle unter einander die Hauptquelle der in der Kette wirkſamen Strömung liege und die chemiſche Wirkung ohne weſentlichen Effect darauf ſey, hat man ſeit Bearbeitung der Elektrochemie durch den Multiplicator nicht weniger als folgende verſchiedene Anſichten in dieſem und verwandten Bezuge aufgeſtellt.

Nach Becquerel findet namhafte Elektricitätsentwickelung bei Berührung feſter und flüſſiger ſowohl, als flüſſiger und flüſſiger Körper Statt, mag die Wirkung mit oder nicht mit chemiſcher Wirkung begleitet ſeyn; nur daß nach ihm der elektriſche Effect in dieſen beiden Fällen ſich entgegengeſetzt iſt (Schweigg. J. XLIV. 162). — Nach Davy findet zwar auch Elektricitätsentwickelung bei Berührung feſter mit flüſſigen Körpern, aber keine merkliche bei Berührung flüſſiger mit flüſſigen Körpern Statt, wenigſtens nicht, wofern chemiſche Wirkung bei ihr erfolgt und überhaupt iſt nach ihm chemiſche Wirkung von keiner Elektricitätsentwickelung begleitet, wo vielmehr alle Elektricität ſich neutraliſirt (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 295). — Nach Walker ſoll durch Berührung eines feſten Lei-

Ich bin weit von der Vorstellung entfernt, durch die nachfolgende Darstellung diese Widersprüche beseitigt zu haben, noch weniger erwarte ich, allen Physikern durch dieselbe genügen zu können, was im Grunde bei dem directen Gegensatz ihrer Ansichten unmöglich wäre. Es ist vielmehr meine eigne Ansicht, daß noch sehr viel Erfahrungen in diesem und in verwandten Gebieten nöthig sind, ehe wir dahin gelangen werden, eine Grundansicht über die galvanische Kette mit Sicherheit als die einzig mögliche und wahre zu Grunde legen zu können; und daß bis dahin der Werth der verschiedenen Darstellungsarten dieser Lehre nur nach der relativ größern Leichtigkeit und Harmonie mit den übrigen gangbaren Ansichten, mit welcher die Erscheinungen dadurch repräsentirt werden können, abzumessen sey.

In dieser Rücksicht hat es mir am zweckmäßigsten geschienen, folgenden Weg einzuschlagen — durch den ich jedoch andere Wege der Darstellung nicht ausgeschlossen haben will. Bei Feststellung der Principien, von welchen die Einrichtung der Volta'schen Säule und der wirksamen geschlossenen Ketten abhängt,

---

ters mit einem flüssigen gar keine wahrnehmbar zu machende El. rege werden und auch nach ihm die chemische Wirkung von keiner elektrischen begleitet seyn; doch aber bei Berührung flüssiger Körper mit flüssigen sehr namhafte Elektricitätsentwicklung erfolgen, von der es bei geschlossenen Ketten aus flüssigen und einem festen Leiter den ganzen Effect der Strömung abhängig macht, während ihn gerade Davy vernachlässigt (Pogg. Ann. IV. 316. 454). — Nach de la Rive hängt alle Strömung, ja selbst der elektroskopische Galvanismus von chemischer Einwirkung der Flüssigkeiten oder der Luft auf die Metalle ab. — Nobili unterstützt macht alle Ketten zu thermoelektrischen. — Nach einigen wirken die flüssigen Leiter in der Kette eigentlich als Nichtleiter und lassen blos eine polarisirende Wirkung der Metalle durch sich hindurch; nach andern strömt die Elektricität durch sie hindurch, während sie sich selbst passiv verhalten; nach Pohl beruht die Leitung der El. auf: „einem undulatorischen Wechsel positiv und negativ elektrischer Erregung, die in den Metallen sich noch in einem Zustande embryonischer Unausgleichbarkeit, in den Flüssigkeiten aber in einer für die nähere Prüfung auf das Entschiedenste ausgebildeten Sonderung, gleich dem Gegensatze der magnetischen Polarität, verschwindet."

habe ich die Flüſſigkeiten ſchlechthin als Leiter betrachtet, ohne noch eine elektromotoriſche Wirkung derſelben auf die Metalle in Rückſicht zu ziehen. Nicht nur iſt dieſes der bisher am gewöhnlichſten angenommene Ausgangspunct, und der zugleich die einfachſte Repräſentation der Erſcheinungen zuzulaſſen ſcheint, ſondern ich habe auch durch ſpecielle Verſuche, die man im 12. und 21. Capitel finden wird, gezeigt, theils daß gewiſſe Gegengründe, welche man gegen dieſe Darſtellung aufgeſtellt hat, in der That der Beweiskraft ermangeln; theils, daß die ſogenannte erregende Oberfläche in der That nicht vorzugsweis der Sitz der elektriſchen Erregung ſeyn könne. In dem elektrochemiſchen Theile dieſes Werks habe ich dann durch nähere Beſtimmung der Art, wie die Leitung des Stroms durch die Flüſſigkeiten bewirkt wird, nachzuweiſen geſucht, wie alle die ſo erhaltenen Reſultate noch gültig bleiben müſſen, wenn man ſelbſt den Flüſſigkeiten eine elektromotoriſche Wirkung auf die Metalle zugeſteht, die man ihnen in der That nach den Verſuchen S. 434 nicht abſprechen kann.

In Darſtellung der Umſtände, von welchen die quantitativen Verhältniſſe der Wirkſamkeit galvaniſcher Ketten abhängen, bin ich nicht ſowohl der Ohmſchen Theorie gefolgt, als ich durch Erfahrungen nachgewieſen habe, daß ihre weſentlichſten Folgerungen ſich in der Wirklichkeit beſtätigen. Ich habe mich wohl gehütet, irgend eine Folgerung dieſer Theorie — von der ich mich übrigens nicht ſcheue zu behaupten, daß durch ſie erſt Sinn in die Wirkungsverhältniſſe der galvaniſchen Kette gekommen iſt — über dieſe Gränzen auszudehnen. Dieſe Darſtellungsweiſe glaubte ich dem Charakter dieſes Werks, jene Anerkennung glaube ich dem Verdienſte des Urhebers jener Verknüpfung ſchuldig zu ſeyn *.

* Die Ohmſche Theorie ſagt allerdings weder etwas von der tendenziellen Cl. an den Berührungsflächen zweier Metalle, noch von dem Wider-

Im Uebergange zu den chemischen Erscheinungen der Kette bin ich gewissermaßen auf einen andern Boden getreten. Die Repräsentationsart, die für alle frühern Erscheinungen ausgereicht hatte, war jetzt nicht mehr genügend; sie bedurfte einer Modification und einer Entwickelung, die auf eine Weise gegeben werden mußte, daß die frühern Resultate nicht dadurch aufgehoben wurden. Was ich hierüber zu sagen hätte, habe ich in 27sten Capitel und den Anmerkungen dazu gesagt, daher ich hier nicht darauf zurückkomme. Findet die dort aufgestellte eigenthümliche Ansicht keinen Beifall, so habe ich wenigstens die Beruhigung, keine sichrer begründete darüber hintangesetzt zu haben; denn daß die bisherigen Grundansichten hier nicht ausreichten, wird gewiß jeder gern zugestehen, der nicht selbst eine solche aufgestellt hat.

Mit einigem Rechte, besorge ich, kann man mir eine etwas zu große Ausdehnung des elektrochemischen Theils dieses Werks vorwerfen. Ich glaubte indeß, theils, daß es nicht ohne Nutzen seyn würde, die, noch nicht einmal von allen Seiten anerkannte, Identität der chemischen und elektrischen Grundkräfte durch Eingehen in ein größeres Detail der Beobachtungen, als gewöhnlich geschieht, durchzuführen, zumal da der Galvanismus gerade hierin seine wichtigsten Beziehungen findet, theils und namentlich habe ich dabei das Interesse derjenigen — gewiß jetzt sehr zahlreichen — Classe von Lesern vor Augen gehabt, welche die Physik vorzugsweise wegen dieser Beziehung studiren.

Was den Stoff zu vorliegender Bearbeitung betrifft, so bin ich überall auf die Originalquellen, und, wo diese zu fühl-

---

stande des Ueberganges und den davon abhänglgen Umständen, denen ich nach sichern Erfahrungen eine so große Rolle bei den galvanischen Ketten eingeräumt habe. Beides scheinen indeß nur secundäre Phänomene zu seyn, welche jene Theorie ausdrücklich aus ihrem Bereich ausschließt.

bare Lücken ließen, auf eigne Versuche zurückgegangen, denen ich seit geraumer Zeit meine ganze mir übrige Zeit und Aufmerksamkeit gewidmet habe. Namentlich habe ich mir eine messende Bestimmung der einzelnen Umstände, von welchen die Wirksamkeit der Kette abhängt, angelegen seyn lassen, da ohne eine solche einer der wesentlichsten Theile dieser Lehre ein sehr unvollständiges Bruchstück hätte bleiben müssen. Ich wünschte, daß die Physiker dem von mir dabei angewendeten Verfahren, die Kraft der Kette durch die Oscillationen der Nadel zu messen, einige Aufmerksamkeit schenken möchten, da man in der That öfters in Verlegenheit gewesen zu seyn scheint, ein geeignetes Mittel zu genauer Messung der Stromkraft ausfindig zu machen, und da jenes Verfahren, seit es Biot zu Bestimmung des Gesetzes angewandt hat, nach welchem mit dem Abstand der Schließungsdrähte von der Nadel ihre Einwirkung darauf abnimmt, unbegreiflicher Weise so ganz brach liegen geblieben ist. Ich habe mittelst dieses Verfahrens, nachdem ich durch den Verfolg der Versuche selbst nach und nach alle die dabei zu nehmenden, im 15ten Capitel auseinandergesetzten, Vorsichtsmaßregeln und Rücksichten hatte kennen gelernt, Resultate von einer Präcision erhalten, die ich beim Unternehmen dieser Versuche nie zu erlangen gehofft hätte.

Ich wünsche recht sehr, daß man für die Resultate, die ich dem Leser zum Theil nur auf meine eigne Autorität hin habe darbieten können, bald durch die Versuche anderer neue Bewährungen erhalten möge. Ich selbst bin mir bewußt, hinsichtlich der Sicherstellung derselben nichts versäumt zu haben, was in meinem Wissen und Kräften stand; allein ich erkenne gern den Grundsatz an, daß eben so wenig Eine Beobachtung als Ein Beobachter ausreicht, einer physikalischen Thatsache ihre volle Begründung zu geben. Dieser Grundsatz war es auch, welcher mich veranlaßt hat, jedem Datum in diesem Werke

möglichſt viele literariſche Nachweiſungen und Auteritäten beizufügen.

Wiewohl wegen Nichtbeendigung jener Verſuche das Erſcheinen dieſes Theils ſchon eine Verzögerung erfahren hat, hat es mir doch leid gethan, daſſelbe nicht noch weiter hinaus ſchieben zu können; da in der That mehrere im Zuſammenhange ſtehende Verſuchsreihen erſt von mir begonnen, manche Reſultate erſt durch zu wenig Verſuche beſtimmt waren, als daß ich hätte wagen dürfen, ſie mit Zuverläſſigkeit auszuſprechen. Es iſt mir zu oft begegnet, daß, was ich durch einige Verſuche als allgemeine Thatſache aufzufinden glaubte, durch Abänderung dieſer Verſuche ſich nur als unter beſondern Umſtänden gültig erwies, als daß ich nicht immer zurückhaltender mit dem Hervortreten in dieſer Hinſicht hätte werden ſollen. Einige Reſultate jedoch von Belang, die ich noch während des Drucks dieſes Werks ermittelt habe, wird man im Anhange beigefügt finden.

Da es bei dem Zweck und der Anlage des vorliegenden Lehrbuchs ſehr unſtatthaft geweſen ſeyn würde, ausführliche Verſuchsreihen in demſelben aufzunehmen, doch aber ein großer Theil der Reſultate, die darin mitzutheilen waren, nur auf ſolche ſich gründen konnte, ſo habe ich den Ausweg getroffen, das ganze Detail der meſſenden Verſuche, von denen man in dieſem Werke hin und wieder Beiſpiele zum Belege der Hauptdata finden wird, in eine beſondere Schrift zuſammenzufaſſen, die den Titel, *Maßbeſtimmungen über die galvaniſche Kette* führen wird, auf welche ich ſchon wiederholt in dieſem Werke verwieſen habe und die ich erſcheinen laſſen werde, ſobald ich Zeit gewonnen habe, einigen Verſuchsreihen eine noch etwas größere Ausdehnung als bis jetzt zu geben.

Schließlich fühle ich mich verbunden, dem Herrn Mech. Inſp. *Fuchs* hier öffentlich meinen Dank für die thätige Unter-

stützung auszusprechen, die ich in seiner Gefälligkeit und practischen Kenntniß bei meinen Versuchen gefunden habe *.

---

* Ich erinnere bei dieser Gelegenheit, daß diejenigen, welche sich im Besitz der in diesem Lehrbuch beschriebenen Apparate setzen wollen, wofern sie keine andere Gelegenheit dazu haben, dieselben sehr gut gearbeitet von Herrn Instr. Fuchs beziehen können; namentlich kann ich das Bohnenbergersche Elektroskop von der S. 30 angegebnen Einrichtung (zum Preise von 8 Thlr.), den S. 36 erwähnten Apparat, welcher gewissermaßen die Stelle des Multiplicators für thermoelektrische Wirkungen vertreten kann (8 Thlr.), so wie Multiplicatoren verschiedener Einrichtung (4 Thlr.) nach seiner Arbeit durch eigne Erfahrung als sehr empfindlich und zuverlässig empfehlen.

Inhaltsverzeichniß

zum

dritten Bande.

Fünftes Buch.

Seite

Erſtes Capitel. Allgemeines und Geſchichtliches. 1

Zweites Capitel. Galvaniſche Fundamentalverſuche. 11

Drittes Capitel. Vermehrung der el. Intenſität in galvaniſchen Combinationen. 22

Viertes Capitel. Galvaniſche Combinationen aus drei und mehrern Platten. 30

Fünftes Capitel. Ungeſchloſſene Volta'ſche Säule. 36

Sechſtes Capitel. Trockne oder Zamboniſche Säule und Behrens'ſches oder Bohnenberger'ſches Elektrometer. 49

Siebentes Capitel. Zweigliedrige Säulen. 57

Achtes Capitel. Geſchloſſene Kette im Allgemeinen. 61

Neuntes Capitel. Einfache elektromagnetiſche Wirkungen der geſchloſſenen Kette und Multiplicator. 73

Zehntes Capitel. Uebrige Wirkungen der geſchloſſenen Kette, im Allgemeinen betrachtet. 86

Eilftes Capitel. Unipolare Leiter. 87

Zwölftes Capitel. Polaritätsumkehrungen der Kette. 93

Dreizehntes Capitel. Galvaniſche Reihenfolge der Metalle. . . 103

Vierzehntes Capitel. Thermoelektriſche Ketten. 121

Funfzehntes Capitel. Maß der Stärke des Stroms. 141

Sechzehntes Capitel. Umſtände, von denen die Wirkſamkeit der Kette abhängt. 162

Siebenzehntes Capitel. Vertheilung des Stroms in der Kette. . 185

Achtzehntes Capitel. Mathematiſcher Ausdruck der Kraft des Stroms. 190

Neunzehntes Capitel. Leitungswiderſtand der feſten Leiter. . . 200

Zwanzigſtes Capitel. Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit und des Ueberganges. 224

Einundzwanzigſtes Capitel. Erregende Oberfläche. 239

Zweiundzwanzigſtes Capitel. Wirkungsgeſetze der Säule. . . 257

Dreiundzwanzigſtes Capitel. Ladungsphänomene und ſecundäre Säule. 269

Seite

Vierundzwanzigſtes Capitel. Wegen der Kraft in der Kette. 279

Fünfundzwanzigſtes Capitel. Einrichtung verſchiedener galvaniſcher Apparate. 300

Sechsundzwanzigſtes Capitel. Wärmeerſcheinungen der geſchloſſenen Kette. 304

Siebenundzwanzigſtes Capitel. Elektrochemiſche Theorie. . . 321

Achtundzwanzigſtes Capitel. Hinderung und Beförderung chemiſcher Verbindungen durch Elektricität. 335

Neunundzwanzigſtes Capitel. Chemiſche Wirkungen der Kette. 340

Dreißigſtes Capitel. Theorie der Zerſetzungen durch die Volta'ſche Säule. 372

Einunddreißigſtes Capitel. Chemiſche Veränderungen an den metalliſchen Elementen der Kette. 379

Zweiunddreißigſtes Capitel. Chemiſche Wirkungen an metalliſchen Zwiſchenbogen und Zwiſchenplatten. 380

Dreiunddreißigſtes Capitel. Elektrochemiſche Figuren von Nobili. 385

Vierunddreißigſtes Capitel. Fällung von Metallen durch andere Metalle. 391

Fünfunddreißigſtes Capitel. Elektrochemiſche Differenz ſcheinbar homogener Metalle. 422

Sechsunddreißigſtes Capitel. Elektrochemiſche Bewegungen von Flüſſigkeiten. 431

Siebenunddreißigſtes Capitel. Ketten mit mehreren flüſſigen und Einem feſten Leiter. Elektrometeriſches Verhältniß der Flüſſigkeiten. Elektricität bei chemiſchen Wirkungen. 450

Achtunddreißigſtes Capitel. Einfluß des ungleichzeitigen Eintauchens homogener Metalle. 466

Neununddreißigſtes Capitel. Galvanismus in Bezug auf Phyſiologie. 469

Anhang.

I. Elektroſkopiſche Wirkungen der ungeſchloſſenen Säule, hauptſächlich nach Jäger. 514

II. Ruhende Drähte, durch die Volta'ſche Säule erzeugt. 518

III. Zerſetzende Wirkung der Säule auf die einzelnen Stoffe. . . . 520

IV. Eigenſchaften des ſchwammartigen Platins u. ſ. w. 534

V. Galvaniſche Combinationen von Pohl. 541

VI. Nachträge. 545

Fünftes Buch.

Galvaniſche oder Berührungselektricität.

Erſtes Capitel.

Allgemeines und Geſchichtliches.

Unter den verſchiedenen Arten, die Elektricität rege zu machen, welche im vorigen Buche von uns betrachtet worden ſind, iſt die ausführlichere Erörterung einer derſelben übergangen worden, die, weil ſie zu ganz neuen und eigenthümlichen Erſcheinungen führt, Gegenſtand einer beſondern Betrachtung zu werden verdient. Dieſe Erregungsart liegt in der Berührung zweier ungleichartigen Metalle oder überhaupt ungleichartigen Körper verborgen, und man nennt die ſo erregte Elektricität: **Berührungs-** oder **Contact-Elektricität, Galvani'ſche oder Volta'ſche Elektricität**, oder auch ſchlechthin **Galvanismus**. Der Grund letzterer Benennungen wird ſich von ſelbſt aus der Geſchichte der Entdeckung dieſer Erregungsart ergeben.

Die **Galvani'ſche** Elektricität iſt von der gewöhnlichen oder durch Reibung hervorgebrachten Elektricität, wie ſich aus der Uebereinſtimmung aller ihrer weſentlichen Merkmale ergeben wird, keineswegs dem Weſen, ſondern nur der Entſtehungsart nach verſchieden. Allein dieſe neue Entſtehungsart iſt darum ſo wichtig, weil ſie uns die Elektricität in einem ganz eigenthümlichen Zuſtande wird kennen lehren, den wir bei unſerer bisherigen, mit der ins Gleichgewicht auf den Körpern gekommenen, Reibungselektricität angeſtellten, Beobachtungen höchſtens vorübergehend (bei den elektriſchen Entladungen) wahrnehmen konnten, den Zuſtand nämlich einer continuirlichen und in ſich zurückkehrenden Bewegung oder Strömung in den Leitern. Da jedoch die Galvaniſche Elektricität nicht allein in dieſem Zuſtande, ſondern auch gleich der gewöhnlichen Elektricität im Gleichgewichtszuſtande vorkommen kann, ſo ergeben ſich hieraus für die Lehre des Galvanismus eigentlich zwei Theile, deren erſter ſich der Lehre von den bisher betrachteten Erſcheinungen anſchließt und ähnliche Phänomene, als Anziehungen und Abſtoßungen und Wirkungen auf das

Elektroſkop, wie wir ſie ſchon betrachtet haben, darbietet, während der zweite von ganz eigenthümlichen Erſcheinungen handelt, die der Reibungselektricität zwar nicht abſolut unzugänglich ſind, aber doch nur durch beſondere Anwendungsarten derſelben in jedenfalls ſchwächerm und minder dauerhaften Grade erlangt oder nachgeahmt werden können. Bevor wir jedoch zur Darſtellung dieſer Erſcheinungen ſelbſt übergehen, wollen wir eine kurze Geſchichte ihrer Entdeckung und wichtigſten Fortſchritte voranſchicken *. Dieſe Entdeckung gieng von den phyſiologiſchen Wirkungen des Galvanismus aus, Wirkungen, auf die wir zum Schluß dieſer Lehre ausführlicher wieder zurückkommen werden.

Die erſte, hieher gehörige, Beobachtung hat Sulzer in ſeiner Theorie der angenehmen und unangenehmen Empfindungen ** zur Unterſtützung einer von ihm aufgeſtellten Hypotheſe über die Geruchs- und Geſchmacks-Empfindungen mit folgenden Worten angeführt: „Wenn man zwei Stück Metall, ein bleiernes und ein ſilbernes, ſo mit einander vereinigt, daß ihre Ränder Eine Fläche ausmachen und man bringt ſie an die Zunge, ſo wird man einen gewiſſen Geſchmack daran merken, der dem Geſchmack des Eiſenvitriols ziemlich nahe kommt, da doch jedes Stück beſonders nicht die geringſte Spur von dieſem Geſchmacke hat. Nun iſt es nicht wahrſcheinlich, daß bei dieſer Vereinigung der beiden Metalle von dem einen oder andern eine Auflöſung vorgehe, und die aufgelöſten Theile in die Zunge eindringen. Man muß alſo ſchließen, daß die Vereinigung dieſer Metalle in einem von beiden oder in allen beiden eine zitternde Bewegung in ihren Theilchen verurſache, und daß dieſe zitternde Bewegung, welche nothwendig die Nerven der Zunge rege machen muß, obenerwähnten Geſchmack hervorbringe.“

Dieſer merkwürdige galvaniſche Geſchmacksverſuch, den Volta einige 30 Jahre ſpäter wieder anſtellte und in ſeine gehörige Verknüpfung brachte, blieb indeß vorläufig ganz unbeachtet.

Erſt im Jahre 1790 bot ein günſtiger Zufall die Entdeckung, an welche ſich nachher alle andre in dieſer Lehre knüpften, dem Italiäner Ludwig Galvani, Profeſſor der Anatomie zu Bologna, dar, wie er ſelbſt in der Schrift erzählt, in welcher er ſeine dadurch veranlaßten Verſuche und Folgerungen bekannt machte ***.

---

* Ich bin hiebei theils Gehler's Wörterbuch, theils Biot's Darſtellung gefolgt. Eine beſondere Geſchichte des Galvanismus beſitzt man von Trommsdorff; eine andre von Reinhold, bearbeitet nach Sue. Leipzig 1803.

** Dieſe Abhandlung iſt in den Mém. de Berlin 1760 in franzöſiſcher Sprache abgedruckt; aber auch unter obigem Titel in einer deutſchen Ueberſetzung erſchienen. Berlin 1762. Vgl. deſſen vermiſchte Schriften zur Beförderung der ſchönen Wiſſenſchaften und freien Künſte, 3ter Band; und Göttingiſcher Taſchenkalender für 1794 S. 186, wo dieſe Stelle zuerſt der Vergeſſenheit entriſſen worden iſt.

*** A. Galvani de viribus el. in motu musculari commentarius; in den Comm. Acad. Bonon. VII. vom J. 1791; wieder gedruckt in einer Schrift ſeines Neffen Aldini Aloysi Galvani etc., cum Joannis Aldini Dissertatione et notis. Mediolani. 1792.

Eines Abends, als ſich Galvani in Geſellſchaft einiger Freunde auf ſeinem Zimmer mit Verſuchen beſchäftigte, traf es ſich, daß mehrere enthäutete Fröſche * auf einem Tiſche lagen, wo ſich zugleich eine Elektriſirmaſchine befand. Ohne etwas dadurch zu beabſichtigen, brachte ein Gehülfe die Spitze des Scalpells an die Schenkelnerven eines ſolchen Froſches, und ſah mit Erſtaunen, daß in demſelben Augenblicke die Schenkelmuskeln ſich convulſiviſch zuſammenzogen. Ein andrer ** glaubte zu bemerken, daß dieſe Zuckungen nur dann erfolgten, wenn in demſelben Augenblicke aus dem vom Froſche ziemlich entfernten Conductor der Elektriſirmaſchine ein Funken ausgezogen wurde. Man eilte, dieſe für ſeltſam gehaltene Erſcheinung Galvani, der ſo eben das Zimmer verlaſſen hatte, zu hinterbringen, und durch wiederholte Verſuche fand derſelbe dieſe Abhängigkeit der Zuckungen bei Berührung der Schenkelnerven mit der Meſſerſpitze von dem Ausziehen des Funkens vollkommen beſtätigt.

Wäre Galvani damals mit den Geſetzen der vertheilenden Wirkung der Elektricität gehörig bekannt geweſen, ſo würde das anſcheinend Sonderbare der vorigen Verſuche ſogleich für ihn verſchwunden ſeyn, und die feinern Verſuche, die erſt zu den eigentlichen galvaniſchen Erſcheinungen führten, würden dann ſchwerlich von ihm angeſtellt worden ſeyn. Man überſieht nämlich leicht, daß der angegebene Verſuch ganz mit der Anordnung desjenigen übereinſtimmt, welcher Th. II. S. 289 beſchrieben wurde, und die Berührung mit dem metallenen Scalpell vertrat hier blos die Stelle der dort angewandten metallenen Kette.

Glücklicherweiſe bot ſich Galvani die richtige Erklärung dieſes Verſuchs nicht dar, und vielleicht um ſo weniger, weil er in derſelben die Beſtätigung ſeiner Lieblingshypotheſe von einer den Thieren eigenthümlichen Elektricität ſahe. Er verfolgte daher die beobachteten Erſcheinungen aus dieſem Geſichtspuncte weiter und ſuchte unter andern auch den Einfluß der Luftelektricität auf die Erzeugung der Zuckungen in den Froſchpräparaten zu erforſchen.

In dieſer Abſicht hatte Galvani mehrere zubereitete Froſchextremitäten *** an kupfernen Drähten an dem eiſernen Gitter eines Gärtchens aufgehangen; es erfolgte aber, ſo lange er auch wartete, kaum die leiſeſte Zuckung. Des langen Wartens müde, bog er die Kupferdrähte, welche durch das Rückenmark geſtochen waren, gegen das Gitter zurück, um vielleicht auf dieſe Art durch Zuführung der

---

* Die nach Alibert (Eloge historique de Louis Galvani p. 37) eigentlich zu Behufs Galvani's kranker Gattin bestimmt waren.

** Oder vielmehr Galvani's eigene Gattin, wie Alibert und Sue nach genauen Privatnachrichten angeben, und wetzu auch ein, zu Ehren dieſer Entdeckung verfertigtes, italiäniſches Sonnet hinweiſt.

*** Die Fröſche wurden enthäutet, ihre Wirbelſäule durchgeſchnitten, die Schenkelnerven bloßgelegt, und durch den übrig gebliebenen Theil B der Wirbelſäule der hakenförmig gekrümmte Kupferdraht geſteckt. Fig 1, Taf. VIII.

atmoſphäriſchen Elektricität ſeinen Zweck zu erreichen, und in der That erhielt er jetzt ſtarke Zuſammenziehungen der Muskeln, die jedoch, nach allen übrigen Umſtänden zu ſchließen, mit den Veränderungen der atmoſphäriſchen El. in keinem Verhältniß zu ſtehen ſchienen. Um ſich hievon völlig zu überzeugen, wiederholte Galvani in einem wohl verſchloſſenen Zimmer zu verſchiedenen Stunden des Tages dieſelben Verſuche, indem er das Froſchpräparat auf eine eiſerne Scheibe legte und den in das Rückenmark geſenkten kupfernen Haken in Berührung damit brachte, wo ſich dann bei jedesmaliger Berührung lebhafte Zuſammenziehungen zeigten.

Im weitern Verfolg dieſer Verſuche fand Galvani, daß zum Gelingen derſelben alles darauf ankam, zwiſchen den Muskeln und den Nerven des Froſches eine leitende Verbindung durch einen metallnen Bogen zu bewerkſtelligen; daß die Zuckungen noch erfolgten, wenn dieſer Bogen aus einem einzigen Metall beſtand, dann aber nur ſehr ſelten und ſchwach waren, und daß, um ſie ſtark und dauerhaft hervorzubringen, die Anwendung zweier verſchiedenen, in Berührung mit einander befindlichen, Metalle erfodert wurde, wie Kupfer und Eiſen in den vorigen Verſuchen. War dieſe Bedingung erfüllt, ſo konnte man in den Verbindungs- oder Schließungskreis, den die beiden Metalle mit dem Froſchpräparat bildeten, noch beliebige andre Subſtanzen bringen, wofern ſie nur die El. leiteten. Er brachte in den Schließungskreis andere thieriſche Theile und ſelbſt lebende Perſonen, die ſich an der Hand hielten; und die Zuckungen traten deſſen ungeachtet ein.

Wenn wirklich, wie wir bald auf unzweifelhafte Weiſe darthun werden, die Berührung zweier ungleichartigen Metalle entgegengeſetzte Elektricitäten auf ihnen entwickelt, ſo können dieſe Erfolge nach der Analogie mit ſchon bekannten Wirkungen der El. nichts Auffallendes haben; denn begreiflich werden ſich dieſe Elektricitäten bei Verbindung beider Metalle durch einen thieriſchen Theil durch dieſen hindurch vereinigen müſſen, und bei hinreichender Empfindlichkeit deſſelben ſo eben ſo gut eine Zuckung darin erregen können, als wenn ſich die entgegengeſetzten Elektricitäten von beiden Belegen einer Leydner Flaſche durch einen thieriſchen Theil, der ſich in ihrem Schließungskreis befindet, hindurch entladen. In der That iſt dies die richtige Erklärung, auf welche jedoch Galvani nicht verfiel, der vielmehr umgekehrt die Quelle der hiebei wirkſamen Elektricität in den Nerven und Muskeln des thieriſchen Theils ſuchte und glaubte, daß dieſe eigenthümliche thieriſche Elektricität bei Verbindung beider Organe durch einen metalliſchen Bogen veranlaßt würde, von den einen zu den andern zu kreiſen und hiebei die Zuckungen zuwege brächte.

Als die Entdeckung Galvani's in Italien bekannt wurde, erregte ſie allgemeines Aufſehen daſelbſt, und ſeine darauf geſtützte Anſicht einer thieriſchen El. fand faſt ungetheilten Beifall. Volta

jedoch, Profeſſor zu Pavia, hatte nicht ſobald jene Verſuche wiederholt, als er ganz andre Andeutungen in ihnen erkannte. Er mittelte zuvörderſt durch genaue Verſuche aus, wie viel Elektricität gerade nöthig ſey, Zuckungen in den Froſchorganen bei der Entladung durch dieſelben zu bewirken. Er fand, daß dieſe Quantität ausnehmend ſchwach war, ſo daß ſie kaum hinreichte, eine merkliche Divergenz an dem empfindlichen Strohhalmelektroſkope, deſſen er ſich bediente, zu bewirken. Nachdem dieſe Thatſache feſtgeſtellt war, ſetzte er ſie in Beziehung mit jener andern, aus Galvani's Verſuchen ſelbſt hervorgehenden, Thatſache, daß die Anwendung zweier oder mehrerer ſich berührender heterogenen Metalle als Schließungsbogen vorzugsweis die Entſtehung der Zuckungen begünſtigte, und hieraus zog er die Folgerung, daß dieſe Berührung ungleichartiger Metalle ſelbſt der bis dahin unberückſichtigte, aber in Wahrheit zu Grunde liegende, Umſtand ſey, welcher das Erſcheinen der ins Spiel kommenden Elektricität bedingte. Unter den Geſichtspunct dieſer fundamentalen Anſicht vereinigte er nun alle, bisher von Galvani angeſtellte und von ihm ſelbſt weiter verfolgte, Verſuche und gab die Mittel an, die Wirkung derſelben ſicher und im höchſtmöglichen Grade der Stärke, deſſen ſie fähig waren, immer wieder hervorzubringen. Eine prüfende Anwendung mehrerer Subſtanzen lehrte ihn, daß die ſtärkſte Elektricitätserregung bei Berührung von Zink mit Silber oder Kupfer Statt fand, obwohl ſich auch Zuckungen mit einem Metallbogen aus irgend zwei andern Metallen hervorrufen ließen.

Aus der Geſammtheit dieſer Beobachtungen ergab ſich denn, daß die beſte Art, Galvani's Verſuch zu wiederholen, folgende ſey. Man nehme einen Froſch, ſchneide ſeinen Körper quer unter den vordern Extremitäten durch, ziehe ſchnell von den ganzen hintern Extremitäten die Haut ab, entblöße hierauf die Schenkelnerven, die durch NN in Taf. VIII. Fig. 2 vorgeſtellt ſind, von allem Fleiſche und allen Theilen, womit ſie ſonſt bedeckt ſind, und ſchneide darauf die Wirbelſäule ſo ab, daß Ober- und Unterſchenkel blos an dieſen Nerven hängen bleiben. Darauf wickle man ein kleines Kupfer-, Zinn- oder Zinkblatt darum, lege den ſo präparirten Froſch auf eine iſolirende Unterlage, z. B. eine, mit Gummilack gefirnißte, Glasplatte, nehme ein, in einen Bogen gekrümmtes, Stück von irgend einem andern Metall, ſetze es mit einem Ende auf die Belegung der Nerven, mit dem andern auf die Schenkelmuskeln auf, und man wird ſogleich Zuckungen eintreten ſehen, nicht allein in dem berührten Beine, ſondern auch im andern. Dieſe Zuckungen laſſen ſich einige Zeit nach dem Tode nicht mehr erregen, ein Zeitpunct, der um ſo früher eintritt, je öfter man ſie erregt hatte. Im Anfange jedoch, wenn ſie ſchwächer zu werden beginnen, laſſen ſie ſich durch Anwendung aller der Reizmittel, welche die thieriſche Erregbarkeit zu ſteigern vermögen, wieder anfriſchen. Uebrigens verhält es ſich eben ſo mit

den Zuckungen, die man in den Organen der Frösche durch vertheilende Wirkung der gewöhnlichen El. aus der Ferne hervorruft, und es geht im Allgemeinen daraus hervor, daß dieſe Organe bei noch ungeſchwächter Reizbarkeit auch für die ſchwächſten Entladungen von El. empfindliche Anzeiger ſind.

Ausführlicher von dieſen Wirkungen wird die Rede ſeyn in dem Capitel, welches von den phyſiologiſchen Wirkungen des Galvanismus handelt.

Galvani ſuchte indeß, unterſtützt von mehrern andern (Caſtelminati, Carraderi, Valle, Aldini) ſeine Anſicht von einer thieriſchen El. gegen Volta zu behaupten. Er ſetzte ihm die Zuckungen entgegen, die durch einen Bogen von einem einzigen Metall erregt werden, und änderte die Umſtände dieſes Verſuchs auf mehrfache Weiſe ab. Wenn man z. B. einen Froſch nach der von uns angegebenen Weiſe ſchnell präparirt hat und man wirft ihn ſogleich auf ein recht reines Queckſilberbad, ſo zeigen ſich gewöhnlich Zuckungen. Volta erwiederte, daß ſelbſt in dieſem Fall irgend eine Ungleichartigkeit zwiſchen den verſchiedenen Theilen des leitenden Bogens, entweder in der Queckſilberoberfläche, oder vermöge Berührung der Metalle, mittelſt deren der Froſch präparirt worden iſt, Statt finden könne. Wirklich reichen die ſchwächſten Verſchiedenheiten in den Subſtanzen, aus denen die leitende Kette gebildet wird, hin, Zuckungen zu erregen, die vorher nicht entſtanden. Belegt man z. B. die Froſchnerven mit einem Blatt von unreinem Blei, wie es von den Glaſern gebraucht wird, und ſchließt den Kreis vollends mit einem Bogen von dem nämlichen Metall, das von dem nämlichen Blatt genommen, und mithin mit jenem von ganz gleicher Beſchaffenheit iſt, ſo ſieht man ſelten einen Erfolg. Schließt man aber den Kreis mit gereinigtem Blei, wie es von den Probirern angewandt wird, während die Belegung der Nerven die nämliche bleibt, ſo treten ſogleich Zuckungen ein, ja es reicht ſchon hin, den Bogen aus Einem Metall an ein andres Metall zu reiben, um ihm eine hinreichende Heteregeneität zu ertheilen, wie Hallé dargethan hat. Deſſen ungeachtet gab Galvani nicht nach; er trieb die Vorſicht ſo weit, die Froſchorgane mit meſſerförmig geſtalteten Glasſtreifen zu präpariren. Auch jetzt erhielt er noch Zuckungen, aber blos in den von uns angegebenen Fällen, nämlich bei auſnehmend lebhafter Reizbarkeit. Endlich glückte es ihm bei einem Präparat, das mit aller dieſer Vorſicht verfertigt war, Zuſammenziehungen durch bloße Berührung der Muskeln und Nerven des Thiers ſelbſt hervorzurufen, ohne ſonſt eine Subſtanz zur Schließung des Kreiſes anzuwenden [1]. Wenn ſich jedoch, wie Volta's Anſicht iſt, und wie

---

[1] „Um dieſe Wirkung zu erhalten, muß man den Froſch ſchnell präpariren, wie S. 4 beſchrieben worden, ihn dann mit einer Hand an einem ſeiner Schwimmfüße faſſen und in umgekehrter Lage halten, ſo daß die Schenkelnerven tiefer

wir ſogleich weiter darthun werden, Cl. bei bloßer wechſelſeitiger Berührung zweier Metalle entwickelt, ſo iſt es eben ſo wohl möglich, daß ſie auch durch Berührung irgend zweier andern heterogenen Subſtanzen, wie der Muskeln und Nerven, erregt werden kann. Nur wird es, wenn dieſe Wirkung vielleicht weit ſchwächer iſt, als die von Metall auf Metall, eines noch viel leichter erregbaren Elektroſkops bedürfen, ſie wahrnehmbar zu machen; eines Elektroſkops, wie es die Froſchorgane in den erſten Augenblicken nach dem Tode abzugeben ſcheinen. Dieſe neue, obwohl an ſich ſehr merkwürdige, Entdeckung Galvani's führt alſo nur zu einer Verallgemeinerung von Volta's Anſicht, anſtatt ſie umzuſtoßen.

Es bedurfte indeß noch eines directen Erfahrungsbeweiſes für die Anſicht, daß wirklich die Berührung heterogener Metalle fähig ſey, Elektricität rege zu machen; denn möglicherweiſe hätten die bei den vorigen Verſuchen beobachteten Zuckungen der Froſchorgane auch durch ein anderes ins Spiel kommende Agens hervorgebracht werden können. Volta hat dieſen Beweis durch eine Reihe ſchöner Verſuche mittelſt des condenſirenden Elektroſkops geführt, welche unter dem Namen der Volta'ſchen Grundverſuche oder Fundamentalverſuche bekannt ſind, und die, oder denen gleichgeltende, wir im nächſten Capitel kennen lehren werden. Von hier aus gelangte Volta, im Jahr 1799, zur Entdeckung der nach ihm ſo genannten Volta'ſchen Säule, oder des verſtärkten Galvanismus *, auf deſſen weitere Verfolgung ſich von da an faſt alle Bemühungen wandten.

Wir führen Einiges auch über die Geſchichte dieſes Inſtruments hier an, was man jedoch mit Nutzen erſt dann leſen wird, nachdem man ſich mit der Einrichtung und Theorie deſſelben aus dem Verfolg dieſes Werks bekannt gemacht haben wird.

Vor Volta war nur eine ſehr unvollkommene Annäherung zur Erfindung der Säule durch Robiſon geſchehen. „Ich verſchaffte mir, ſagt dieſer, mehrere Stücke Zink von der Größe eines Schillings, und legte ſie mit eben ſo vielen Schillingen abwechſelnd auf einander in Form einer kleinen Geldrolle. Eine ſolche Vorrichtung, finde ich, vermehrt in einigen Fällen den Reiz beträchtlich, und ich erwarte von einem ähnlichen Verfahren eine noch größere Verſtärkung

herabhängen, unter dem Gewicht des kleinen Reſts von Wirbelſäule, der daran gelaſſen iſt. Darauf ergreift man den freien Fuß mit der andern Hand, und beugt ihn ſo zuſammen, daß der Schenkel in Berührung mit den Nerven kommt. Sogleich treten, wenn der Froſch noch viele Lebenskraft hatte, Zuckungen ein. Jedoch muß man den Verſuch öfters an mehrern Individuen vornehmen, ehe er einmal gelingt. Ich habe dies ausführlicher angezeigt, weil die Allgemeinheit der Thatſache beſtritten worden iſt, obwohl ſie unfehlbar iſt, wenn man den Verſuch mit den hier angegebenen Vorſichtsmaßregeln anſtellt." (Biot.)

* Die erſte öffentliche Nachricht davon iſt in einem Briefe beſchrieben aus Como vom 20. März 1800 an den Präſidenten der Königl. Societät in London enthalten, welcher ſich in den Phil. transact. for 1800, S. 402 findet.

deſſelben. Bringt man die eine Seite von einem ſolchen Röllchen auf die Zunge, ſo daß dieſe alle einzelnen Stücke davon berührt, ſo iſt der Reiz ſehr ſtark und unangenehm.“ Wie man ſieht, fehlten zur eigentlichen Säule noch die feuchten Zwiſchenleiter, die aber gerade das Weſentliche dabei ſind.

Volta hat zwar nirgends genau angegeben, auf welche Weiſe er zur Entdeckung der Säule gelangt iſt; indeß lag es im Gange ſeiner Unterſuchungen, daß er früher oder ſpäter wohl zu ihr gelangen mußte. Er kannte jedoch Anfangs noch nicht alle Wirkungen, welche dieſes bewundernswerthe Inſtrument auszeichnen. In ſeiner erſten Abhandlung ertheilte er vorzüglich eine genaue Anweiſung zur Conſtruction ſeiner Säule, beſchrieb auch eine Abänderung ſeines Apparats, den ſogenannten Taſſenapparat, erörterte ſehr ausführlich die Erſchütterungen und anderweiten Sinnesempfindungen, die durch die Wirkungen deſſelben auf den menſchlichen Körper hervorgebracht werden, und erklärte alle dieſe Erſcheinungen auf dieſelbe Weiſe aus dem verſtärkten el. Strome von einem Ende (Pole) der Säule zum andern durch den Körper hindurch, wenn er ſich in dem Schließungskreis befindet, wie ſchon früher die Erſcheinungen der einfachen Kette. Die Anhäufung und Verſtärkung der El. durch dieſen neuen Apparat bewies er noch überdies durch den Condenſator, mit deſſen Hülfe er die Elektricität ſeines Apparats in deutlichen Funken darſtellte. Er ertheilte ihm daher auch den Naum eines elektromotoriſchen Apparats und verglich ihn mit den elektriſchen Organen des Zitterrochens, bei denen er eine ähnliche Conſtruction und Wirkſamkeit annahm. Von eigentlichen Funken unmittelbar aus der Säule, von Anziehungs- und Abſtoßungserſcheinungen an den Polen und von chemiſchen Wirkungen der Säule iſt aber in dieſer Abhandlung nicht die Rede.

Die letztern, d. i. die chemiſchen, Wirkungen wurden ſogleich von den engliſchen Phyſikern, die zuerſt Volta's Verſuche wiederholten, beobachtet, insbeſondere die ſo merkwürdige Waſſerzerſetzung zuerſt von Carliſle und zwar zufällig, als ein Tropfen Waſſer auf die obere Platte gebracht worden, um der Berührung gewiſſer zu ſeyn, und die Schließung durch den negativen Draht in dieſem Tropfen geſchah, wo ſich dann um denſelben ein Gas entwickelte, das ſich durch den Geruch als Waſſerſtoffgas zu erkennen gab, und weitere Verſuche veranlaßte. Auch bemerkten die Engliſchen Phyſiker, namentlich Nicholſon und Carliſle, zuerſt den Funken der Volta'ſchen Säule.

Im Jahr 1801 reiſte Volta nach Paris, um dem franzöſiſchen Nationalinſtitute einen vollſtändigen Bericht über ſeine Entdeckungen mitzutheilen. Der damalige erſte Conſul Buonaparte, ſelbſt Mitglied jenes gelehrten Körpers, ſchenkte dieſer Erfindung ſeine vorzügliche Aufmerkſamkeit, ließ eine Medaille zum Andenken derſelben prägen, ſtiftete zu deren weiterer Beförderung zwei Preiſe, einen größern

für eine Hauptentdeckung und einen kleinern jährlich auszutheilenden, ließ einen ſehr wirkſamen galvaniſchen Apparat Behufs anzuſtellender Verſuche conſtruiren, und trug ſo weſentlich zur Belebung des Eifers der Phyſiker für dieſe Lehre, namentlich in Frankreich, bei.

Ueber die chemiſchen Wirkungen der Säule wurde ein ganz neues Licht verbreitet durch eine meiſterhafte Arbeit Davy's, deren Reſultate wir weiterhin zu benutzen Gelegenheit haben werden, durch welche vorzüglich die Wanderung der Stoffe, und die Anſammlung derſelben an den entgegengeſetzten Polen der Säule erwieſen wurde, eine in elektrochemiſchem Bezug ganz beſonders wichtige Thatſache, die aber gleichzeitig mit Davy und ganz unabhängig von dieſem auch von Berzelius und Hiſinger entdeckt worden war.

Von beſonders intereſſanten und wichtigen Entdeckungen, welche ſeitdem im Gebiete des Galvanismus gemacht wurden, verdienen vorzüglich die Ladungsſäule von Ritter, die trockne Säule von De Luc und Zamboni und die ſogenannten unipolaren Leiter von Erman genannt zu werden. An keine Entdeckung jedoch knüpften ſich auf einmal ſo viel neue und wichtige Bereicherungen des Galvanismus, als an die Oerſted'ſche Entdeckung des Elektromagnetismus, indem dieſe, abgeſehen von den Beziehungen und davon abhängigen Erſcheinungen, die ſie zwiſchen dem Galvanismus und Magnetismus kennen lehrte, theils zur Auffindung einer ganz neuen Klaſſe rein galvaniſcher Erſcheinungen führte, der Bewegungen und Gleichgewichtszuſtände nämlich, in welche die vom galvaniſchen Strom durchlaufenen Leiter durch ihren wechſelſeitigen Einfluß gerathen (elektrodynamiſche Erſcheinungen nach Ampère), theils in ihrem Verfolg die Auffindung eines Inſtruments herbeiführte, des nach ſeinem Entdecker benannten Schweiggerſchen Multiplicators, eines Inſtruments, welches die Vortheile vereinigt, die empfindlichſten, vergleichbarſten und zum Meſſen brauchbarſten, Anzeigen für den Galvanismus zu liefern. Dieſes Inſtrument hat, ſeit man die vortheilhafteſten Einrichtungen deſſelben kennen gelernt hat, faſt ausſchließlichen Platz bei allen Verſuchen über den ſtrömenden Galvanismus gewonnen, und eine Menge bis dahin verborgener Verhältniſſe und Beziehungen deſſelben ans Licht gebracht, die wir im Verlaufe dieſes Werks ſelbſt kennen lernen werden.

Die elektromagnetiſchen Erſcheinungen wurden auch Veranlaſſung zur Entdeckung einer neuen eigenthümlichen Erregungsart des Galvanismus durch Seebeck, welche unter dem Namen der thermoelektriſchen oder thermomagnetiſchen bekannt iſt. Dieſe Entdeckung verwirklichte eine, bis dahin für unausführbar gehaltene, Conſtruction von Ketten, welche wenigſtens aller magnetiſchen Wirkungen galvaniſcher Ketten fähig ſind, ohne Dazwiſchenkunft feuchter Leiter. Man kann dieſe Entdeckung als die lezte Hauptentdeckung anſehen, welche in dieſem Gebiete gemacht worden iſt.

Wir ſchließen dieſen geſchichtlichen Ueberblick mit der Angabe, wie der Galvanismus zuerſt in Deutſchland bekannt wurde, und mit Nennung derjenigen Phyſiker, welche gegenwärtig für die Lehre des Galvanismus am thätigſten ſind.

Die erſte Nachricht von Galvani's wichtiger Entdeckung wurde in Deutſchland durch Dr. J. F. Ackermann in Mainz in der mediciniſch-chirurgiſchen Zeitung mitgetheilt, und die erſten deutſchen Aerzte und Phyſiker, welche die von ihnen über dieſen Gegenſtand angeſtellten Verſuche, wodurch jedoch keine neuen Thatſachen oder Aufſchlüſſe gewonnen wurden, bekannt machten, waren Creve, Schmuck, Gren und Reil. Beſonders genannt zu werden verdient Pfaff durch ſeine ſorgfältigen und gelungenen Bemühungen, die allgemeinſten Bedingungen und Geſetze dieſer neuen Erſcheinungen theils aus eignen, theils aus fremden Verſuchen feſtzuſetzen, und ſein 1795 erſchienenes Werk über thieriſche Elektricität und Reizbarkeit wird immer für die phyſiologiſchen Wirkungen des Galvanismus eine der ſchätzbarſten Quellen bleiben *. In demſelben Bezuge iſt die Schrift Alex. von Humboldt's, Verſuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaſer u. ſ. w. 2 Bde. 1797 zu nennen und wir haben aus dieſen beiden Schriften einen großen Theil der Reſultate, welche man im Capitel über die phyſiologiſchen Wirkungen des Galvanismus finden wird, geſchöpft. Mit noch größerm Eifer jedoch als alle dieſe faßte Ritter die Verſuche über den Galvanismus auf, von dem eine große Zahl Abhandlungen darüber theils in Journalen, theils in eignen Schriften ** erſchienen ſind; und bei welchen nur zu bedauern iſt, daß nicht immer ein unbefangenes Urtheil ihn bei ſeinen Verſuchen begleitete. Deſſenungeachtet ſind ſeine Schriften mehr wie billig bei Seite gelegt worden.

Im Gegenſatz gegen Ritter zeichnete ſich Erman durch Beobachtungen aus, welche, wiewohl minder zahlreich, doch durch die Genauigkeit und Umſicht, mit der ſie angeſtellt wurden, der Wiſſenſchaft mehrere bleibende Fortſchritte erworben, und zum Theil ſehr merkwürdige Verhältniſſe des Galvanismus kennen gelehrt haben.

Es würde zu weit führen, wenn wir hier noch weiter ins Detail der Verdienſte Einzelner um die Lehre des Galvanismus eingehen wollten, um ſo mehr, da wir bei den einzelnen Erſcheinungen ſelbſt Gelegenheit erhalten werden, hievon zu ſprechen.

Was die Phyſiker anlangt, die ſich jetzt hauptſächlich mit dieſer Lehre beſchäftigen, ſo ſind es in Italien namentlich Maria-

---

* Auch ſpäterhin iſt Pfaff für die Lehre des Galvanismus ehr thätig geweſen.

** Deſſen phyſ. chem. Abhandlungen. Drei Bände. — Beiträge zur nähern Kenntniß des Galvanismus 2 Bde. — Syſtem der elektriſchen Körper. — Beweis, daß ein beſtändiger Galvanismus den Lebensprozeß begleite.

niani und Nobili, in Frankreich Becquerel, Pouillet und de la Rive; in England iſt mir kaum jemand bekannt, der ſich, nach Davy's und Wollaſton's Tode, mit einigem Eifer mit dem Galvanismus beſchäftigte; doch hat Barlow einige hieher gehörige Verſuche angeſtellt. In Deutſchland ſind Ohm, Pfaff, Biſchof und Pohl zu nennen. Unter letztern verdient Ohm vorzugsweis herausgehoben werden, theils wegen mehrerer experimentalen meſſenden Verſuche, theils wegen einer mathematiſchen Verknüpfung der Erſcheinungen, die er theils in einer eignen Schrift *, theils in mehrern Abhandlungen in phyſikaliſchen Zeitſchriften niedergelegt hat, und welche nicht nur die bis jetzt bekannten Beobachtungen im Bereich des Galvanismus auf eine ſo getreue Weiſe unter ſich befaßt, ſondern auch auf ſo viele, bis jetzt dem Experiment noch nicht unterworfene, Verhältniſſe deſſelben, an die man früher nicht gedacht hatte, hinweiſt, daß man in dieſer Verknüpfung einen der weſentlichſten Fortſchritte der Lehre des Galvanismus anerkennen muß.

Zweites Capitel.

Galvaniſche Fundamentalverſuche **.

Wir haben in dem geſchichtlichen Ueberblicke des vorigen Capitels geſehen, wie man durch die ſucceſſiven Bemühungen von Galvani und Volta allmälig zur Kenntniß der Elektricität gelangt iſt, welche ſich durch die Berührung zweier ungleichartigen Metalle entwickelt. Wir werden in dieſem Capitel zeigen, wie ſich das Vorhandenſeyn dieſer Elektricität auf die einfachſte und zuverläſſigſte Weiſe in der Erfahrung darthun läßt, indem wir uns jedoch hiezu nicht mehr der Froſchſchenkel als Elektroſkope bedienen, ſondern phyſikaliſcher Werkzeuge, welche Vergleichbarkeit und Sicherheit in dieſe Erfahrungen zu bringen erlauben.

Verſuch 1. — Man nimmt zwei Metallſcheiben, die eine von Zink, die andre von Kupfer, von etwa einem Quadratzoll

---

* Die galvaniſche Kette, mathematiſch bearbeitet von Dr. G. S. Ohm. Berlin. 1827.

** Die Fundamentalverſuche Volta's ſelbſt finden ſich in verſchiedenen Abhandlungen in Bergls Magazin f. d. n. Zuſ. der Naturk. IV. 24. 253; in Gren's J. IV. 128, in Gilb. Ann. X. 421. und in Nitzes Beitr. I. St. 3. 52. 78. Dieſe Verſuche ſind wiederholt und abgeändert worden von Jäger in Gilb. Ann. XIII. 415; Schweigger ebend. LXX. 232; Pfaff ebend. LXVIII. 277. — Derſelbe in Schweigg. J. XLVI. 129. — Bischof und v. Münchow in Pogg. Ann. I. 279. — Jörnemann in Kann. Arch. VI. 432. — Lovatto in Gilb. Ann. XVII. 437. — Gautherot in Gilb. Ann. XVIII. 855.

Flächen, die recht eben, nicht gefirnißt, und in ihrer Mitte mit iſolirenden, ſenkrecht auf ihre Oberflächen angebrachten, Stäbchen verſehen ſind, mittelſt deren ſie ſich, ohne daß man ſie ſelbſt berührt, an einander bringen laſſen *. Man nähert auf dieſe Weiſe beide Scheiben einander, bis ſie ſich berühren, trennt ſie darauf, indem man ſie parallel von einander zieht und prüft ihren elektriſchen Zuſtand mittelſt eines Elektroſkops. Da jedoch die Elektricität, die ſich durch eine einmalige Berührung auf denſelben entwickelt, immer außnehmend ſchwach iſt, ſo muß man, um ſie deutlich merkbar zu machen, das Elektroſkop mit einem Condenſator verſehen, und auf dieſem die Elektricität von mehrern Berührungen anhäufen, indem man ſeine obere Platte mit dem Erdboden in Verbindung ſetzt, und ſeine untere Platte, welche mit den Strohhalmen oder den Goldblättern in Verbindung ſteht, mit der Metallſcheibe berührt, deren El. man prüfen will **. Iſt dies geſchehen, ſo zieht man dieſe Scheibe zurück, berührt ſie, ſo wie die andre, um ſie wieder in natürlichen Zuſtand zu verſetzen ***, bringt ſie dann aufs Neue iſolirt mit einander in Berührung, trennt ſie abermals und bringt die zu prüfende Scheibe wieder an den Condenſator. Hat man die Berührung auf dieſe Weiſe ſieben- oder achtmal wiederholt und hebt nun die obere Platte des Condenſators ab, ſo divergiren die Goldblättchen oder Strohhalme ſehr ſtark vermöge der, durch die wiederholte Berührung der Metallſcheibe in die obere Platte abgeſetzten, El. und man kann ſolchergeſtalt die Beſchaffenheit dieſer El. prüfen und erkennen. Zum Gelingen des Verſuchs iſt erfoderlich, daß die Platten des Condenſators auf den Oberflächen, auf welchen man die El. an ſie abſetzt, frei von Firniß ſind, denn das geringſte Hinderniß würde, da ſie ſich in einem ſolchen Zuſtande von Schwäche befindet, ihrem Eindringen hinderlich ſeyn. Zur Schärfe des Verſuchs iſt überdies noch nöthig, daß jede Platte aus demſelben Metall beſtehe, als die Scheibe, mit welcher man ſie berührt, widrigenfalls der el. Einfluß dieſer neuen Berührung ſich mit dem Erfolge der erſten verbinden und ihre Wirkung modificiren würde. Hat man nun, unter Beachtung dieſer Vorſichtsmaßregeln, die Kupferſcheibe mit der untern Platte des Elektroſkops in Berührung gebracht, ſo findet man, daß

---

* Sehr einfach und vollkommen zureichend für den vorliegenden Zweck laſſen ſich ſolche iſolirende Stäbchen ſo anbringen, daß man, nachdem man die Metallſcheiben zuvor erhitzt hat, ein Stäbchen von Siegellack oder Gummilack daran anſchmilzt. An kalte Scheiben gelingt das Anſchmelzen nicht; außer wenn man zuvor einige Tropfen heißes Wachs darauf fallen läßt.

** Kein condenſirendes Elektroſkop eignet ſich beſſer zu dieſen Verſuchen, als das Behrens-Bohnenbergerſche, von dem jedoch noch nicht die Rede hat ſeyn können, da ſich ſeine Einrichtung ſelbſt auf den Galvanismus gründet. Seine Beſchreibung iſt im 6ten Capitel gegeben.

*** Dieſer Umſtand, namentlich die Berührung der andern Scheibe, iſt weſentlich zum Gelingen des Verſuchs.

daſſelbe vermöge negativer El. divergirt; wurde dagegen die Berührung mit einer Zinkplatte vorgenommen, ſo zeigt ſich die Elektricität poſitiv.

Der vorige Fundamentalverſuch über die Elektricitätserregung durch Berührung läßt ſich noch auf manche abgeänderte Weiſe wiederholen.

Verſuch 2. — Zuvörderſt kann man die untere Platte des Condenſators ſelbſt ſtatt der einen Scheibe anwenden, um gegen ihr Metall die andre Scheibe zu prüfen. Iſt z. B. dieſe Platte von Kupfer, ſo berühre man ſie, während man die obere Platte des Condenſators mit dem Boden in leitender Gemeinſchaft erhält, wiederholt mit einer iſolirt gehaltenen Zinkſcheibe in einer möglichſt großen Fläche, dabei Sorge tragend, nach jedesmaligem Zurückziehen die Zinkſcheibe wieder in ihren natürlichen Zuſtand zu verſetzen, und hebe darauf die obere Platte des Condenſators ab. Das Elektroſkop wird wie oben vermöge der negativen El. divergiren, die das Kupfer der Collectorplatte durch Berührung mit dem Zink angenommen hat.

Verſuch 3. — Man laſſe ſich einen Condenſator verfertigen, deſſen eine Platte aus Zink, die andre aus Kupfer beſteht; und anſtatt eine dieſer Platten mit dem Erdboden in Verbindung zu ſetzen, laſſe man beide iſolirt auf dem Elektroſkop. Man verfahre mit Berührung und Trennung der erregenden Scheiben wie beim erſten Verſuch; nach jedesmaliger Trennung aber berühre man zu gleicher Zeit jede der Condenſatorplatten mit derjenigen von beiden Scheiben, welche mit ihr aus dem gleichnamigen Metall beſteht. Die entgegengeſetzten Elektricitäten beider Scheiben werden reſpectiv auf die Condenſatorplatten übergehen und ſich auf den gegenüberliegenden Flächen derſelben binden. Nach einigemal wiederholten Uebertragungen trenne man die Condenſatorplatten, und man wird jede derſelben mit der Art El. geladen finden, welche der Scheibe zukommt, mit welcher ſie berührt wurde.

Verſuch 4. — Noch einfacher läßt ſich der eben angegebene Verſuch auf eine Art anſtellen, bei welcher die Platten des Condenſators ſelbſt zugleich die Elektricität erregend und ſie condenſirend wirken. Dies geſchieht, wenn z. B. die obere von Zink, die untere von Kupfer iſt, dadurch, daß man beide durch einen iſolirten Kupfer- oder Zinkdraht*, wenn auch nur einen Augenblick lang, in Verbindung ſetzt und nach wiederaufgehobener Verbindung die obere Condenſatorplatte an ihrem iſolirenden Handgriffe abhebt.

Bei dieſem Verſuche geſchieht die elektriſche Erregung in der Berührung, die der verbindende Kupfer- oder Zinkdraht mit dem Metall der ungleichnamigen Condenſatorplatte eingeht; und

* Später werden wir ſehen, daß es den Erfolg des Verſuchs nicht ändert, wenn man auch einen Bogen aus einem beliebigen andern Metall anwendet.

die so auf das Kupfer und Zink übergehenden entgegengesetzten Elektricitäten binden sich dann, wie bei der vorigen Art den Versuch anzustellen, auf den Gegenflächen beider Condensatorplatten, um nach Trennung derselben von einander frei zu werden. Das Elektroskop wird daher, nach Abheben der obern oder Zinkplatte, mit negativer El. divergiren.

Bei dem hier angeführten Versuche ist es gleichgültig, ob die Berührung des verbindenden Zink- oder Kupferdraths mit der heterogenen Condensatorplatte in einer großen oder kleinen Fläche geschieht, dagegen bei allen frühern Versuchen eine große Berührungsfläche die Wirkung begünstigte. Der Grund dieser, in den verschiedenen Umständen der Versuche liegenden, Verschiedenheit wird sich uns später aufklären.

Als Gesammtresultat der vorigen Versuche ergiebt sich, daß Kupfer und Zink, wenn sie isolirt und im natürlichen Zustande in Berührung mit einander gebracht werden, blos vermöge des Einflusses dieser Berührung in entgegengesetzt elektrische Zustände gerathen; und da vor der Berührung beide Metalle sich im natürlichen Zustande befanden, nach der Berührung aber das Kupfer einen Ueberschuß negativer, das Zink einen Ueberschuß positiver El. besitzt, so scheint die natürlichste Annahme zu seyn, bei der wir um so mehr vorläufig stehen bleiben können, da sich auch die nachfolgenden Erscheinungen nach ihr sehr wohl repräsentiren lassen, daß vermöge des Einflusses der Berührung von den neutralisirten Elektricitäten des Zinks ein Antheil negativer El. auf das Kupfer, und umgekehrt von den Elektricitäten des Kupfers ein Antheil positiver El. auf das Zink übergegangen sey. Diese Kraft der Berührung, deren elektricitätszersetzende Eigenschaft wir übrigens eben so wenig als die des Reibens zu erklären wissen, nennt man mit Rücksicht auf jene die Elektricitäten in Bewegung setzende Eigenschaft **elektromotorische Kraft**, das gegenseitige Verhältniß, vermöge dessen von zwei in Berührung befindlichen Metallen das eine positiv, das andre negativ wird, ihr **elektromotorisches Verhältniß**, und die Combination zweier Metalle selbst, in wiefern sie zur Elektricitätserregung durch Berührung tauglich ist, einen **Elektromotor**, worunter man sonach nicht eine einzige homogene Platte, sondern im Allg. ein Paar in Berührung befindlicher heterogener Platten zu verstehen hat.

Wenn bei der Berührung zweier ungleichartigen Körper die elektromotorische Kraft allein ins Spiel käme, so hätte man zu erwarten, daß sie nicht eher ruhen würde, bis alle in beiden Körpern vorhandene Quantitäten natürlicher El. zersetzt und respectiv auf die entgegengesetzten Platten übergeführt wären; da kein Grund vorhanden wäre, welcher sie hindern sollte, nachdem sie eine gewisse Quantität dieser El. zersetzt hat, auf die übrige Quantität in derselben Art zu wirken. Nun aber beobachtet man, daß jede Platte durch Berührung mit der andern nur bis zu einem gewissen endli-

chen Grade geladen wird, und daß, wenn dieser Grad erreicht ist, keine weitere Elektricitätsentwickelung mehr Statt findet, so lange die Platten in diesem Zustande verbleiben; daß sich aber die Platten sofort wieder von Neuem laden, wenn man den einmal entwickelten Antheil El. ihnen entzogen hat, und dies so oft, als man die Berührung und Entziehung der El. abwechselnd wiederholen will.

Wir bemerken sogar, daß, wenn man von zwei sich berührenden Platten blos die eine entladet, und dann ihre Berührung mit der andern noch elektrisch verbliebenen, wiederholt, sie nicht oder nicht merklich wieder geladen werden kann, welches eben das schon erwähnte Erforderniß mit sich bringt, bei jeder erneuten Berührung auch der Platte, welche nicht vom Condensator entladen worden ist, ihre El. zu entziehen.

Durch die Zusammenfassung dieser Umstände werden wir zu der Ansicht geführt, daß in den Körpern zwar ein unerschöpflicher Quell von El. vorhanden sey; daß aber in dem Maße, als eine gewisse Quantität dieser El. zersetzt und auf die entgegengesetzten Platten übergeführt worden ist, sich ein Widerstand entwickelt, welcher der weitern Zersetzung Einhalt thut, und macht, daß sie nicht über einen gewissen Grad hinaus gedeihen kann. Dieser Widerstand muß in der Gegenwart der entwickelten Elektricitäten selbst liegen, da nach ihrer Entziehung die Entwickelung sofort wieder von Neuem beginnt, und wieder so weit als das erstemal gedeiht. Auch läßt sich leicht einsehen, auf welche Weise ein solcher Widerstand, den wir der Kürze halber mit dem Namen der recomponirenden Kraft belegen können, durch sie zu Stande kommen kann.

In der That müssen die entgegengesetzten Elektricitäten, welche auf die entgegengesetzten Platten übergeführt worden sind, eben so gut nicht nur die wechselseitige Abstoßung ihrer Theilchen unter sich, als ihre wechselseitige Anziehungskraft gegen einander äußern, als wenn sie sich überhaupt auf zwei einander sehr nahen Körpern befinden. Nun wissen wir, daß diese Kräfte der Dicke oder Intensität der auf jeder Platte angesammelten Elektricitätsschicht direct proportional sind; mithin wird bei fortwirkender elektromotorischer Kraft stets ein Grad der Anhäufung erreicht werden müssen, wo diese Kräfte, welche die Elektricitäten wieder über die Berührungsoberfläche hinaus zu treiben streben, so stark werden, um mit der trennenden Kraft der Berührung ins Gleichgewicht zu kommen, und dann wird keine weitere Ansammlung erfolgen können, indem jedes neue Quantum, was die elektromotorische Kraft etwa zu zersetzen vermöchte, auch sofort wegen der entsprechend zum Ueberwiegen gebrachten Anziehungskraft sich wieder über die Berührungsoberfläche hinaus vereinigen müßte. Dieser Punct des Gleichgewichts wird bei einem größern oder geringern Grade der Ansammlung erreicht werden, je nachdem die elektromotorische Kraft selbst größer oder geringer ist.

Die Richtigkeit dieſer Erörterungen findet noch eine Beſtätigung mehr darin, daß, wenn man eine iſolirte Platte mit einer nicht iſolirten in Berührung bringt, die erſtere eine ſtärkere El. annimmt, als wenn ſie mit einer andern iſolirten Platte in Berührung gebracht wird. Indem nämlich dann die nicht iſolirte Platte null elektriſch wird, reducirt ſich die recomponirende Kraft auf die Hälfte von derjenigen, welche Statt gefunden hätte, wenn zwei gleiche iſolirte Platten mit einander in Berührung gekommen wären; weil nun nicht mehr die wechſelſeitige Anziehung der entgegengeſetzten Elektricitäten auf beiden Platten, ſondern blos die Abſtoßung der Theilchen der El. unter einander auf der iſolirten Platte die El. über die Berührungsoberfläche hinaus zu treiben ſtrebt. Daher wird in dieſem Fall die elektromotoriſche Kraft eine doppelt ſo große Quantität El. auf die iſolirte Platte überführen können, als wenn beide Platten iſolirt und gleich groß geweſen wären.

Wiewohl nun die gewöhnlichen Elektroſkope nicht leicht eine genaue Beſtimmung zulaſſen, ob wirklich dieſes Anwachſen der Intenſität der iſolirten Platte, bei Nichtiſolirung der andern, auf das Doppelte ſtreng zutrifft, ſo iſt doch die Art der Verſtärkung, die man bei ſorgfältigen Verſuchen, wie ſie Volta angeſtellt hat, hiebei bemerkt, von der Art, daß man jene Folgerung, welche die Theorie zieht, auch durch die Erfahrung ſehr wahrſcheinlich gemacht ſieht.

Um die Elektricitätserregung bei Nichtiſolirung des einen Metalls — denn unſre bisherigen Fälle betrafen in der That blos Verſuche, wo beide Metalle iſolirt waren, — im Allgemeinen nachzuweiſen, können folgende Verſuche dienen.

Verſuch 5. — Man kann zuvörderſt den zuerſt angeführten Fundamentalverſuch (Verſ. 1) unter der Abänderung wiederholen, daß man die eine Scheibe, anſtatt an einem iſolirenden Handgriff, direct mit der Hand anfaßt oder auf eine nicht iſolirte Unterlage legt, und die andre iſolirt gehaltene an dem Condenſator prüft. Man wird hier, die Stärke der Anzeigen abgerechnet, mit Verſuch 1 ganz übereinſtimmende Reſultate erhalten.

Verſuch 6. — Auch hier kann man aber noch einfacher ſo verfahren, — und dies iſt beiläufig geſagt die bequemſte Art, überhaupt mittelſt des Condenſators Verſuche über das elektromotoriſche Verhältniß der Metalle anzuſtellen — daß man die untere oder Collector-Platte des Condenſators ſelbſt zu einem Gliede des Elektrometers macht. Geſetzt, ſie wäre Kupfer, ſo faßt man eine Zinkſcheibe mit den Fingern und ſetzt dieſe, wenn auch nur einen Augenblick, mit der Collectorplatte in Berührung, während man zugleich die obere Platte des Condenſators mit dem Boden in leitender Gemeinſchaft erhält. Darauf zieht man die Zinkſcheibe weg und hebt nun die obere Condenſatorplatte ab. Das Elektrometer wird wiederum vermöge der negativen El. divergiren, die das Kupfer des Conden-

sators durch Berührung mit dem Zink angenommen hat. Auch in diesem Falle reicht eine einmalige Berührung und möglichst kleine Berührungsfläche hin, um das Maximum der zu erreichenden Wirkung zu erhalten, wovon der Grund bald näher erörtert werden wird.

Die vorigen Arten, den Versuch anzustellen, erlauben keine Prüfung sehr verschiedenartiger Metalle in Bezug auf ihr elektromotorisches Verhältniß, wenn man nicht Condensatorplatten aus eben so viel verschiedenen Metallen besitzt, was bei der Seltenheit und Schwierigkeit der Bearbeitung mancher Metalle nicht wohl möglich ist. Man hat jedoch ein Auskunftsmittel, mittelst dessen sich mit einem Condensator z. B. aus Kupfer oder einem beliebigen Metall alle Metalle gegen einander prüfen lassen, ohne daß man von der elektromotorischen Wirkung des Kupfers hiebei eine merkliche Wirkung zu fürchten hätte. Dieses Mittel gründet sich auf folgende Erfahrung.

Versuch 7. — Man befeuchte ein Blättchen Papier mit gewöhnlichem oder destillirtem Wasser oder überhaupt einer Flüssigkeit, welche zwar die Elektricität zu leiten, aber doch keine oder keine in Betracht kommende chemische Veränderung der Metalle, die man damit in Berührung bringen will, hervorzubringen vermag. Man applicire dieses Blättchen an der untern Condensatorplatte und verfahre ganz, wie in Versuch 6, nur daß man das Kupfer des Condensators nicht unmittelbar, sondern unter Zwischenwirkung des feuchten Blättchens mit Zink berührt. Man wird nach Abheben des Condensatordeckels kein merkliches Zeichen von El. erhalten, zum Zeichen, daß das feuchte Blättchen die elektromotorische Wirkung des Zinks auf das Kupfer unterbrochen, und daß es durch seine Berührung mit beiden Metallen auch selbst zu keiner Erregung wahrnehmbarer El. Anlaß gegeben hat.

Versuch 8. — Bringt man dagegen von einer Combination aus Kupfer und Zink das eine Metall mit dem Condensator unter Zwischenwirkung des feuchten Blättchens in Berührung, während man das andre in der Hand hält, so wird der Condensator nach Abheben des Deckels positive oder negative El. zu erkennen geben, je nachdem es das Zink oder das Kupfer ist, welches man solchergestalt mittelbar am Condensator entladet; zum Zeichen, daß das feuchte Blättchen die freie El. des Metalls, mit welchem es in Berührung ist, zum Condensator überzuleiten vermag.

Man wird sich auf diese Weise überall feuchter Zwischenblättchen bedienen können, wenn es darauf ankommt, die El. eines Metalls auf den Condensator in der Art zu übertragen, daß dabei die elektromotorische Wirkung des Metalls und Condensators unter einander, und die hievon abhängige Störung des Resultats, vermieden werde. Wie man sieht, gründet sich dies Verfahren darauf, daß man die Feuchtigkeit des Zwischenblättchens blos als Leiter

für die El. betrachtet, dagegen ihre Fähigkeit, durch eigene elektromotoriſche Wirkung das Reſultat der elektromotoriſchen Wirkung der Metalle unter einander zu ſtören, für Null annimmt. Da uns in der That der angeführte Verſuch hiezu berechtigt, und da auch für die Folge ſich eine große Menge Reſultate aus dieſer Anſicht auf die einfachſte Weiſe werden ziehen laſſen, welche mit der Erfahrung ſehr wohl übereinſtimmen, ſo bleiben wir vorläufig dabei ſtehen, und legen mithin für die folgende Darſtellung der Erſcheinungen den Satz zu Grunde: Bei Combination von Flüſſigkeiten mit Metallen wirken die Flüſſigkeiten als Leiter für die Elektricitäten, welche die Metalle durch ihre directe Berührung mit einander annehmen, ohne daß die Berührung der Flüſſigkeiten mit den Metallen ſelbſt das elektromotoriſche Reſultat der Art nach ändert. Wir werden in der Folge ſehen, daß alle ſcheinbare Ausnahmen, die ſich von dieſem Satze, ſo ausgeſprochen, zeigen, darauf zurückgeführt werden können, daß manche Flüſſigkeiten eine ſo ſtarke und ſchnelle chemiſche Aenderung in der Oberfläche der Metalle, mit denen ſie in Berührung kommen, hervorbringen, daß man nicht mehr eine Combination aus unveränderten, ſondern aus wirklich veränderten Metallen vor ſich hat, deren elektromotoriſches Verhältniß öfters gerade das umgekehrte der unveränderten Metalle ſeyn kann. Nur deßhalb wurde auch bei obigem Verſuche als Erforderniß angegeben, das Blättchen mit einer Flüſſigkeit zu befeuchten, welche nicht ſchnell oder merklich ändernd auf die Metalle einwirkt.

Ich füge noch die Bemerkung hinzu, daß man nach Volta öfters in galvaniſchem Bezuge die feſten Leiter und flüſſigen Leiter durch den Namen Leiter erſter Klaſſe und Leiter zweiter Klaſſe von einander unterſcheidet.

Es läßt ſich bei den vorigen Verſuchen der Einwand machen, daß die dabei entwickelte Elektricität vielleicht von einer Art Druck oder Reibung der Platten an einander herrühre, mithin unter die Kategorie ſchon früher von uns erörterter Erregungsweiſen gehöre. Dieſem Einwurf jedoch läßt ſich durch unzweideutige Verſuche begegnen. Zuvörderſt findet man bei Verſuch 6 *, daß der Erfolg ganz derſelbe bleibt, man möge das Metall, deſſen elektromotoriſches Verhältniß gegen das Metall der Collecterplatte des Condenſators man unterſuchen will, mit dieſem unter der größten Vorſicht und unter Vermeidung aller Reibung nur in einem Puncte oder unter ſo ſtarkem Reiben, als man will und mit einer beliebig großen Oberfläche in Berührung bringen; und folgende zwei Verſuche von Volta und Pfaff reichen noch vollends hin, dieſen Einwurf zu widerlegen.

* Pfaff in Gilb. Ann. LXVIII. 268.

Versuch 9. — Volta bildet einen Metallstreifen aus zwei Stücken, C, Z, (Taf. VIII. Fig. 3) Zink und Kupfer, die er an einander löthet. Darauf faßt er das Zinkende zwischen den Fingern und berührt mit dem andern, dem Kupferende, die, gleichfalls kupferne, Platte eines Condensators; hebt man darauf die berührte Platte ab, so findet man sie in Uebereinstimmung mit dem Vorigen, negativ elektrisirt, ungeachtet Druck und Reibung zwischen Zink und Kupfer hiebei ganz ausgeschlossen sind.

Versuch 10. — Nach Pfaff lege man ein Scheibenpaar aus Zink und Kupfer (gleichviel ob die Scheiben lose auf einander liegen oder zur Doppelscheibe auf einander gelöthet sind), auf die obere Platte des Condensators, mit der Vorsicht, daß, wenn diese Platte aus Kupfer ist, die Kupferscheibe, wenn sie von Zink ist, die Zinkscheibe mit ihr in Berührung sey *. Darauf berühre man die untere, auf das Elektroskop aufgeschraubte, Platte des Condensators und zugleich das nach Außen liegende Metall des Scheibenpaars mit den Fingern so leise man will und hebe nun alle Berührung wieder auf. Entfernt man alsdann die obere Platte des Condensators, indem man sie bei ihrem isolirenden Handgriffe hält, von der untern, so divergirt das Elektroskop vermöge der Elektricität der Scheibe, welche durch den Finger in leitende Gemeinschaft mit ihr gesetzt war, und prüft man sogleich die obere Condensatorplatte an einem andern condensirenden Elektroskop, so zeigt dieses die entgegengesetzte Elektricität, die nämlich, welche die mit ihr unmittelbar in Berührung gewesene Scheibe angenommen hatte.

Bisher haben wir immer nur von derjenigen Elektricität gesprochen, welche das Zink in Berührung mit dem Kupfer entwickelt. Dies geschah blos Beispielsweise. Man kann sich jedoch leicht überzeugen, und wir haben das Verfahren dazu angegeben, daß den Metallen, ja allen festen Leitern überhaupt diese Eigenschaft zukommt. So wenn man in den vorigen Versuchen statt Kupfers Silber, Gold, Platin, Kohle zur Berührung mit dem Zink anwendet, so wird man noch stärkere Wirkung als durch das Kupfer erhalten; eben so lassen sich statt Zinks zur Berührung mit diesen Körpern Zinn, Blei, Eisen oder andre Metalle brauchen und auch diese Metalle unter sich entwickeln durch Berührung mit einander Elektricität.

Die Frage, ob auch durch Berührung flüssiger Leiter mit festen Leitern El. entwickelt werden könne, scheint nach dem Vorigen verneint, oder wenigstens dahin beantwortet werden zu müssen, daß diese Entwickelung im Allgemeinen so schwach sey, um gegen die El., welche feste Leiter mit einander annehmen, vernachlässigt werden zu können; da sonst zu erwarten wäre, daß die Flüssigkeiten bei

* Vorausgesetzt, daß man sich nicht eines feuchten Zwischenblättchens bedient.

ihrer Combinirung mit Metallen das elektromotoriſche Reſultat von deren Berührung öfters modificiren müßten. Erſt in der Folge indeß können wir erörtern, ob aus dem Umſtande, daß dieſes nicht der Fall iſt, wirklich jener Schluß mit Nothwendigkeit hervorgehe; ſo wie wir auch auf Weiterhin die Erörterung der Frage verſparen müſſen, ob auch *flüſſige* Körper durch Berührung *unter einander* El. erregen. Für jetzt begnügen wir uns, die Reſultate der Elektricitätserregung durch Berührung *feſter Leiter* unter einander weiter zu erörtern.

Die Elektricität, welche je zwei Metalle oder überhaupt feſte Leiter in Berührung mit einander annehmen, iſt keineswegs zwiſchen allen Metallen von gleicher Stärke, ja zwiſchen manchen (z. B. Antimon, Wismuth, Kupfer unter einander) ſo ſchwach, daß es ſchwer, wo nicht unmöglich fällt, ſie durch das condenſirende Elektroſkop nachzuweiſen. Allein auch in dieſem Falle läßt ſich entweder durch Verſuche mit Froſchſchenkeln, wie wir ſie in der geſchichtlichen Einleitung erwähnt haben, oder mittelſt eines andern Inſtruments, (des Schweiggerſchen Multiplicators) von dem wir erſt ſpäter ſprechen können, die Eigenſchaft derſelben, durch Berührung mit einander elektriſch zu werden, auf unzweideutige Weiſe nachweiſen, und man findet ſolchergeſtalt, daß die einzige Bedingung, die zu einer ſolchen Erregung erfoderlich iſt, eine Ungleichartigkeit in der Materie der ſich berührenden Subſtanzen iſt, welche, bei Anwendung dieſer empfindlichen Verfahrungsarten, äußerſt gering zu ſeyn braucht, um noch bemerkliche Wirkungen hervorzubringen.

Schon das condenſirende Elektroſkop jedoch, auf deſſen Anzeigen wir uns vor der Hand beſchränken, vermag für die Körper, für die ſeine Anzeigen merklich ſind, die Nachweiſung zu geben, daß für die Elektricitätserregung durch Berührung die feſten Leiter ſich in einer ähnlichen Reihe (*galvaniſche Spannungsreihe*) aufſtellen laſſen, als für die Erregung durch Reibung, ſo nämlich, daß jeder Körper dieſer Reihe poſitiv wird mit allen ihm in der Reihe folgenden, negativ mit allen in der Reihe vorausgehenden, und zwar um ſo ſtärker poſitiv und negativ, je größer der Abſtand beider Glieder in der Reihe von einander iſt.

Folgendes iſt die Reihe, die *Volta* ſolchergeſtalt mittelſt des Condenſators für einige Metalle fand:

\+
Zink
Blei
Zinn
Eiſen
Kupfer
Silber
—

Später werden wir dieſe Reihe auch auf die andern feſten Leiter ausdehnen, und bemerken hier blos vorläufig, daß Gold, Platin, Graphit und Kohle an Negativität das Silber noch übertreffen.

Nicht allein die Berührung von Leitern mit Leitern, ſondern wie es ſcheint, die Berührung aller feſten Körper unter einander vermag eine elektrometeriſche Kraft zu äußern *. Ich ſelbſt habe mich überzeugt, daß, wenn man eine Zink- oder Kupferplatte iſolirt mit möglichſter Verhütung von Reibung von einer geglätteten Schwefelplatte abhebt, nachdem man ſie zuvor, während des Aufliegens, mit dem Finger berührt, um auch die El. zu entziehen, die etwa durch Druck oder Reibung beim Aufliegen entſtanden ſeyn könnte, dieſelbe doch eine ſo ſtarke poſitive El. zu erkennen giebt, daß dieſe an dem (ſpäter zu beſchreibenden) Bohnenbergerſchen Elektrometer aufs Leichteſte ſchon ohne Condenſator bemerklich wird; während die Schwefelplatte negative El. angenommen hat. Eben ſo werden beide Metalle poſitiv, obwohl viel minder, gegen Kreide, hingegen negativ gegen Glas und isländiſchen Spath u. ſ. w.

Schließlich mag bemerkt werden, daß de la Rive ** die Beobachtung gemacht haben will, daß, wenn man den Verſuch 6 mittelſt einer geeigneten Vorrichtung in einem Raume anſtellt, welcher mit trockenem Waſſerſtoffgaſe oder trockenem Stickgaſe gefüllt iſt, keine Zeichen von El. wahrgenommen werden, dagegen ſofort ſolche erſcheinen, wenn das Gas feucht iſt, oder wenn es atm. Luft, Sauerſtoffgas oder Chlor iſt. Dieſe Reſultate wurden nicht nur mit Zink, ſondern auch mit Kalium und Natrium erhalten und de la Rive zieht daraus den Schluß, daß zur Entſtehung der elektriſchen Zeichen unter den angegebenen Umſtänden allemal chemiſche Wirkung erforderlich iſt.

Wenn die angegebenen Thatſachen richtig ſind, ſo würden ſie allerdings ſehr für dieſe Anſicht ſprechen. Da ſie aber theils noch der Wiederholung bedürfen, theils die nachfolgenden Erſcheinungen auch ohne ſolche Berückſichtigung chemiſcher Einwirkung der Luft bei einfachen Plattenpaaren dargeſtellt werden können, ſo werden wir dieſe Thatſachen für jetzt zu keinen weitern Folgerungen benutzen.

---

* „Hundertmal habe ich bei Seebeck gelesen, ſchreibt Schweigger, daß, welche Körper auch immer mit polirten Flächen gegeneinander gerieben wurden, immer entgegengeſetzte El. verbunden war, die sogar ohne Condensator darſtellbar war" vermittelſt des Schweigg. J. XXV. 166 beſchriebenen Elektrometers). Es iſt zu bedauern, daß Seebeck nichts über dieſe Versuche hat bekannt werden laſſen.

** Ann. de Ch. et de Phys. XXXIX. 311.

Drittes Capitel.

Nähere Beſtimmung der Art, wie die Intenſität der Elektricität in galvaniſchen Combinationen aus zwei Platten vertheilt iſt.

Wir haben im Vorigen zwar die Art der Elektricitätserregung durch Berührung ungleichartiger Metalle ihren allgemeinen Umſtänden nach kennen gelernt; allein die dort angeführten Verſuche lehrten uns noch nichts über die Vertheilung der El. in den Metallen, durch deren Berührung ſie ſich entwickelte.

Bisher hat man allgemein angenommen, daß die El. auf den ſich berührenden Platten gleichförmig verbreitet ſey. Ich ſelbſt habe indeß eine Reihe Verſuche angeſtellt *, welche zeigen, daß wenn gleich eine ſolche gleichförmige Vertheilung über die ganze übrige Oberfläche wirklich angenommen werden könne, doch an der Fläche, an welcher ſich die Platten berühren, die Intenſität der El. in auffallendem Verhältniß ſtärker iſt, als auf der übrigen Oberfläche. Man kann dieſe Zunahme der Intenſität füglich einer Condenſation der El. durch Anziehung der entgegengeſetzten El. auf der andern Platte beimeſſen, indem man annimmt, daß die Platten, während ſie El. durch ihre Berührung ** erregen, zugleich als Condenſatorplatten für einander wirken; ja dieſes iſt im Grunde nicht bloße Annahme, ſondern wird direct durch Verſuche Volta's bewieſen, die wir nachher anführen wollen.

In jedem Falle wird man ſich, nach der Uebereinſtimmung aller nachfolgenden Verſuche, die Vertheilung der El. in zwei ſich berührenden Platten gerade ſo vorſtellen können, wie in zwei durch eine ganz dünne Schicht getrennten, mit entgegengeſetzten Elektricitäten gleich ſtark geladenen, Condenſatorplatten. Auch in dieſen iſt die El. an den zugekehrten Theilen der Oberflächen unverhältnißmäßig ſtärker, als auf den übrigen Theilen; ſo daß die Intenſität der letztern als ein kleiner Bruchtheil von der Intenſität der erſten angeſehen werden kann; die ſchwächere El. der letztern aber iſt merklich gleichförmig verbreitet, und verbreitet ſich auch auf alle Oberflächen, die man etwa noch anfügen will, in gleichförmigem Grade.

Jedoch worin auch der Grund der eigenthümlichen Elektricitätsverdichtung liege, die ſich an der Berührungsoberfläche zeigt, jedenfalls wird ſie durch folgende Verſuche dargethan.

---

* Schweigg. J. LIII. 329. und LV.

** Es iſt in Obacht zu nehmen, daß nach der atomiſtiſchen Anſicht die Berührung zweier Oberflächen eigentlich keine wahre iſt, indem die Körperelemente derſelben immer noch um gewiſſe Weiten von einander entfernt bleiben: ſo daß man nach ihr vielmehr von Berührungsnähe ſprechen ſollte.

Verſuch 10. — Man berühre eine Zinkplatte von 1 oder einigen Quadratzollen Durchmeſſer, die iſolirt oder nicht iſolirt ſeyn kann, wiederholt in ihrer ganzen Fläche mit einer eben ſo großen iſolirten Kupferplatte, und trage deren El. jedesmal an den Condenſator über, kurz ſtelle den Verſuch ganz wie in Verſuch 1 oder Verſ. 5 an. Man wird den dort beſchriebenen Erfolg erhalten, d. h. nach einigemal wiederholter Uebertragung wird das Elektroſkop eine ſtarke negative El. zu erkennen geben. Zum Beweiſe jedoch, daß dieſe El. faſt ganz auf Rechnung derjenigen El. kommt, welche während der Berührung an den Berührungsoberflächen gebunden war, bei Trennung der Platten aber frei wird und ſich dann über die ganze Oberfläche der Platten und von da in den Condenſator ergießt, wiederhole man den Verſuch jetzt auf folgende Weiſe.

Anſtatt die Zinkplatte direct mit der Kupferplatte zu berühren, lege man auf die Zinkplatte eine andre Kupferplatte, mit ihr von gleichen Dimenſionen und berühre nun dieſe in ihrer ganzen Fläche wiederholt mit der übertragenden Kupferplatte. Wie oft man ſolchergeſtalt die Uebertragung wiederholen mag *, man wird kein unzweideutiges Zeichen von El. am Condenſator bemerklich machen können.

In der That bleibt hier faſt die ganze El., welche bei der erſten Art, den Verſuch anzuſtellen, den Effect hervorbrachte, an der Berührungsfläche der Kupferplatte, welche direct auf dem Zink liegt, gebunden **, und die zweite Kupferplatte, welche dieſe berührt, kann mit ihr blos die El. von verhältnißmäßig ſchwacher Intenſität theilen, die ſich über die ganze Oberfläche gleichförmig fortpflanzt, und die unter dieſen Umſtänden nicht hinreichend iſt, einen bemerklichen Ausſchlag am Condenſator hervorzubringen, jedoch unter andern Umſtänden ſehr bemerklich werden kann.

In der That, wenn bei der vorigen Art, den Verſuch anzuſtellen, dieſe El. keinen bemerklichen Erfolg am Condenſator hervorbringt, ſo liegt dies darin begründet, daß der Condenſator ſich blos der kleinen Quantität El. bemächtigen kann, welche der übertragenden kleinen Kupferplatte jedesmal von der auf dem Zink aufliegenden Kupferplatte mitgetheilt wird. Stellen wir dagegen den Verſuch ſo an, daß wir das auf dem Zink aufliegende Kupfer mit dem kupfernen Condenſator direct in Berührung ſetzen, während zugleich

---

* Immer wird bei dieſen Verſuchen vorausgeſetzt, daß das zu berührende Syſtem vor jeder neuen Berührung ableitend berührt werde, wenn es nicht ohnedies ſchon mit dem Erdboden in Verbindung ſteht.

** Daß wirklich die El. von ſtarker Intenſität, welche an der Berührungsfläche vorhanden iſt, nicht merklich über ſie hinausreicht, habe ich dadurch gefunden, daß ich das Kupfer nur unter Zwiſchenlegung eines unächten Goldblatts (Kupfer) mit Kupfer berührte, auch in dieſem Falle konnte letzteres durch wiederholte Uebertragung an den Condenſator keine merklichen Anzeigen von El. zuwege bringen.

das Zink mit dem Erdboden in Verbindung ſteht, ſo wird ſich jetzt der Condenſator mit der El., welche ſich gleichförmig über die Oberfläche des Kupfers verbreitet, und die ſich in dem Maße, als ſie entzogen wird, augenblicklich wieder aufs Neue erzeugt, in einem Augenblick vollſtändig ſättigen können, und in der That ſehen wir in dieſem Fall das Elektroſkop gerade ſo ſtarke negative El. anzeigen, als wenn wir das nicht iſolirte Zink direct mit dem kupfernen Condenſator in Berührung gebracht, d. h. den Verſuch 6 angeſtellt hätten *. Die Intenſität der El., welche der Condenſator auf eine dieſer Arten erlangen kann, iſt jedoch beträchtlich ſchwächer, als diejenige, die er annimmt, wenn man die El. von getrennten Platten ſehr oft wiederholt an ihn überträgt, wie man durch Verſuche mit etwas großen und glatten Berührungsflächen leicht finden kann; und wie in der That der Fall ſeyn muß, wenn die vorige Darſtellung der Vertheilungsweiſe der El. richtig iſt **.

Die Geſammtquantität derjenigen El., welche an der Berührungsfläche beider Platten gebunden iſt, muß für jede Platte nothwendig mit der Zahl der Berührungspuncte oder ſehr nahen Puncte, die ſie mit der andern gemein hat, zunehmen; dagegen die Quantität der gleichförmig verbreiteten El. hievon unabhängig iſt, und blos von der Größe der Oberflächen, auf denen ſie verbreitet iſt, abhängt. Dieß iſt wiederum ganz analog dem, was wir bei zwei Condenſatorplatten finden würden, und wird durch folgende Umſtände nachgewieſen.

Bei den Verſuchen 1, 2, 3, 5, wo man die El. getrennter Platten auf den Condenſator überträgt, kommt alles auf Größe

---

* Nähme man bei dem eben beſchriebenen Verſuche das Zink iſoliren, ſo würde man darum das condenſirende Elektroſkop keine merkliche El. zu erkennen geben. Der Grund hievon liegt in folgendem nachher zu erörterndem Umſtande. Die Intenſität der El. auf jeder von zwei ſich berührenden Platten nimmt in dem Maße ab, als man die Ableitung für dieſelbe im Verhältniß zur Ableitung, die die andre Platte hat, vergrößert, nimmt dagegen zu, wenn man ſie im Verhältniß dazu verkleinert. Nun hält der Condenſator wegen ſeiner großen Elektricitätscapacität eine ſehr große Ableitung dar. Mithin wird er von der Platte, die mit ihm verbunden wird, nur eine ſehr ſchwache Intenſität annehmen können, wenn die andre Erregerplatte zugleich iſolirt iſt, weil dieſe dann nur eine ſehr kleine Ableitungsgröße (ihre eigne Oberfläche) beſitzt. Verbindet man aber letztre mit dem Erdboden, ſo wird ihre Ableitung unendlich groß und die Ableitung durch den Condenſator verſchwindet dagegen. Deßhalb kann hier der Condenſator eine merkliche El. aufnehmen. Dieß iſt übrigens, wie ich mich überzeugt habe, auch dann der Fall, wenn man ſtatt des Erdbodens eine Leydner Flaſche von großer Capacität oder die andre Condenſatorplatte als Ableitung anwendet; ja ſelbſt wenn ich eine, auf einer iſolirten, aber mehrere Quadratfuß haltenden, Kinkplatte liegende Kupferplatte mit dem Condenſator in Berührung brachte, habe ich deutliche Anzeigen von El. erhalten, die nicht Statt finden, wenn die iſolirte Kinkplatte ſehr klein iſt.

** In der That muß ſich das Maximum der Ladung, was der Condenſator im einen und andern Falle annehmen kann, ungefähr verhalten, wie die Intenſität der an der Berührungsoberfläche der Erregerplatte angeſammelten El. zur Intenſität der in freiem Zuſtande über ihre ganze Oberfläche verbreiteten El.

und Glätte der Flächen an, mit welchen man die Platten einander jedesmal berühren läßt. In der That, wenn man eine (isolirte oder nicht isolirte) Zinkplatte auch sehr oft wiederholt nur mit der Ecke einer (isolirten) Kupferplatte berührt, und diese jedesmal an dem Condensator entladet, wird der Condensator doch keine merkliche Spur von El. annehmen, weil wegen der kleinen Berührungsgröße jedesmal nur eine sehr kleine Quantität El. von starker Intensität entstehen kann, und die Quantität der gleichförmig verbreiteten El. bei nicht zu großen Platten wegen ihrer geringen Intensität ebenfalls zu klein ist, um einen Ausschlag zu bewirken. In dem Maße aber, als man die Berührungsflächen der Platten vergrößert, wird auch der Ausschlag des Elektroskops deutlicher, und bei einer geringern Anzahl von Uebertragungen, selbst schon bis nach einer einzigen, bemerklich. Eben so kann man sich überzeugen, daß der Ausschlag mit der Glätte der Platten zunimmt.

Dagegen ist es bei den Versuchen 4 und 6, wo der Ausschlag des Condensators von der sich gleichförmig verbreitenden El. abhängt, ganz gleichgültig für den Erfolg, ob man die Berührung mit einer großen oder kleinen, glatten oder rauhen, Fläche veranstaltet; der Erfolg bleibt derselbe, da hier die Condensatorfläche und die Ableitung nach dem Erdboden, über welche sich die El. zu verbreiten hat, dieselben bleiben *.

Volta hat mehrere Versuche bekannt gemacht **, welche mit den vorigen Ergebnissen in auffallendem Bezuge stehen, und zum unmittelbaren Erweise dienen können, daß die verstärkte Intensität an der Berührungsoberfläche zweier Metallplatten wirklich auf den Prinzipien der Condensation beruhe. Ich halte es am besten, diese bei Weitem nicht hinreichend gewürdigten Versuche mit Volta's eigenen Worten anzuführen:

„Ich nehme eine recht glatte und ebene Silberplatte, in der sich drei kleine Löcher befinden, die ganz durch dieselbe hindurchgehen, und durch ihren gleich großen Abstand von einander ein gleichseitiges Dreieck

---

* Da bei den Versuchen 1 und 5, wo die El. getrennter Platten an den Condensator übertragen wird, alles auf die Größe der Berührungsflächen ankommt, so kann man hievon Nutzen ziehen, um das elektromotorische Verhältniß beliebiger Metalle unter einander an demselben kupfernen oder messingenen Condensator ohne Zwischenwirkung von Flüssigkeiten zu prüfen. Man braucht nur allemal den zu prüfenden Metallen eine möglichst große und glatte Berührungsfläche unter einander zu gewähren; den Condensator aber mit demjenigen beider Metalle, dessen El. daran übertragen wird, nur mit einer Ecke zu berühren, dann verschwindet die El., die der Condensator durch die elektromotorische Berührung annimmt, gegen die, die das übertragende Metall durch Berührung mit dem andern Metall angenommen hatte, und auf den Condensator übergehen läßt. Bei ganz schwacher elektromotorischer Kraft zwischen beiden Metallen würde dieses zwar nicht mehr der Fall seyn; der Condensator aber dann überhaupt keinen merklichen Ausschlag mehr geben.

** Ritters Beitr. I. Stück 3. 64.

bilden. In diese Löcher bringe ich von unten auf drei kleine Schräubchen, die gleichfalls von Silber sind, dergestalt, daß ihre Spitzen kaum $\frac{1}{10}$ Linie, oder nach Gefallen auch mehr oder weniger, über die vollkommen glatte und ebene obere Fläche der Platte hervorstehen. Auf diese silberne Platte nun bringe ich eine gleichfalls recht glatte und ebene andere von Zink. Man bemerkt sogleich, daß beide Platten in nicht mehr als drei Puncten, in denen nämlich, die durch die Spitzen der drei in der untern, der Silberplatte, befindlichen Schräubchen, gebildet werden, mit einander in Berührung stehen. Beide ebene Oberflächen derselben aber sind einander sehr nahe, und können sich folglich gegenseitig die Dienste eines Condensators leisten; wirklich aber ist auch die Quantität von elektrischem Fluidum, die sich in der Zinkplatte auf Kosten der Silberplatte anhäuft, und die dadurch in beiden entstandene Elektricität, die bei ersterer positiv, und bei letzterer negativ ist, groß genug, um durch eine mäßige Anzahl von Umdrehungen des Duplicators bemerkbar zu werden.

„Ich vermindere jetzt das Hervorstehen der Schraubenspitzen über die Silberplatte dergestalt, daß zwischen den Flächen beider Platten ein so kleiner Zwischenraum übrig bleibt, daß er das feinste Papier, und selbst das Licht kaum, hindurchläßt. Nun aber sind auch die Elektricitäten, welche beide Metallplatten unter diesen Umständen erhalten, der größern Nähe ihrer Oberflächen gemäß, beträchtlicher, als im vorigen Versuch, und stehen denen nicht sonderlich nach, welche jene erhalten, wenn man die Schräubchen völlig zurückgezogen hat, und beide Flächen einander durchaus berühren.

„Hierauf bringe ich die eine Platte mit der andern in einem Winkel, oder nur mit den äußersten Rändern, oder zwar horizontal, aber nur an einem kleinen Theil des Randes, in Berührung. Auf diese Art ist die Anzahl der Berührungspuncte ganz gewiß größer, als in den beiden vorigen Versuchen, in denen sich beide Platten nur in drei Puncten berührten; dieser zahlreicheren Berührungspuncte ungeachtet aber ist die Elektricität, welche ich jetzt erhalte, da hier nicht die große und ausgedehnte Näherung der ebenen Flächen beider Platten Statt hat, die zur Condensation der Elektricität erfoderlich ist, bei Weitem schwächer, als in den vorigen Versuchen, so daß ich weit mehr Umdrehungen des Duplicators anwenden muß, um sie bemerklich zu machen.

„Wenige Puncte wirklicher Berührung äußern also, wenn sie mit einer Menge anderer in Verbindung stehen, die sich einander sehr nahe befinden, eine stärkere Wirkung, als jeder größere Contact, wo aber die einander gegenüber befindlichen Oberflächen um Vieles kleiner, oder einander nicht in dem Grade genähert sind *."

---

* Bei Gelegenheit dieser Versuche äußert Volta in einer Anmerkung, die wichtige Anmerksamkeit verdient: „Ich habe einigen Grund zu der Vermuthung, daß auch ohne alle wirkliche Berührung die bloße Nähe der beiden Flächen zweier

Wiewohl die in der Berührungsoberfläche condensirte El. verhältnißmäßig ungleich stärker an Intensität ist, als diejenige, welche sich über die übrige Oberfläche verbreitet, so kommt sie doch wahrscheinlich bei den später zu betrachtenden galvanischen Erscheinungen bei Weitem weniger — ja wohl meist gar nicht — in Betracht, als die gleichförmig verbreitete. In der That wird jene nur durch Trennung der Berührungsoberflächen bemerklich, und scheint bei allen Versuchen, wo eine bleibende Berührung der Platten Statt findet, gar nicht ins Spiel der Erscheinungen einzugehen, dagegen die gleichförmig verbreitete El. sich, ohne Trennung der Erregerplatten, über alle die leitenden Oberflächen mit verbreitet, die man etwa an die Erregerplatten anfügen mag.

Die Intensität nun dieser letztern El. ist auf jeder von zwei sich berührenden Platten nicht constant, sondern steht in Abhängigkeit von dem Verhältniß der, den Platten gegebenen, Ableitungsgrößen* zu einander. Es gilt in dieser Hinsicht folgendes Gesetz.

Die Intensität auf der einen Platte verhält sich zur Intensität auf der andern Platte, die mit ihr in Berührung ist, umgekehrt, wie die respectiven Ableitungsgrößen dieser Platten, so daß z. B., wenn eine Platte eine doppelt so große Ableitung als die andere hat, die Intensität der Elektricität auf erstrer Platte nur halb so groß als auf letztrer seyn wird.

Dieser Satz ist einer einfachen theoretischen Herleitung fähig, die wir ihm zugleich mit seinen Erfahrungsbelegen geben wollen.

Da das Elektrischwerden zweier Glieder eines Elektromotors bloß auf Zersetzung ihrer natürlichen Elektricitäten beruht, so leuchtet ein, daß auf dem einen derselben eine gewisse Quantität El. nicht anders frei werden kann, als daß auf dem andern zugleich eine eben so große Quantität entgegengesetzter El. frei wird, wie wir dies auch bei Erregung der El. durch Reiben schon gefunden haben. Man kann dieses selbst durch einen Versuch nachweisen, indem man die El. einer

---

verschiedenen Metalle schon hinreichend sey, um in ihnen einige wenige El. hervorzubringen. Fernere Versuche, die ich mir hierüber anzustellen vorgenommen habe, werden im Stande seyn, diese Vermuthung zu bestätigen oder zu widerlegen." Mir ist indeß nichts von spätern Versuchen Volta's über diesen Gegenstand bekannt.

* Unter Ableitungsgröße verstehe ich jede Oberfläche, über die sich die El. von der Berührungsfläche aus verbreiten kann, nach Maßgabe der El., die sie aufzunehmen vermag. Der isolirten und mit keiner andern Oberfläche verbundenen Platten ist die Ableitungsgröße jeder Platte durch ihre eigene Oberfläche gegeben. Werden andere Oberflächen mit einer Platte verbunden, so sind diese zu ihrer Ableitungsgröße hinzuzurechnen; daher eine Platte dadurch, daß man sie mit dem Boden verbindet, eine unendliche Ableitungsgröße erhält. Der Condensator oder eine Leydner Flasche bieten sehr große Ableitungsgrößen dar, selbst wenn ihre Oberfläche nicht sehr groß ist, weil sie sehr viel Elektricität in sich aufzunehmen vermögen.

Zink- und Kupferplatte nach jedesmaliger Trennung zugleich mittelſt eines feuchten Blättchens an den Condenſator überträgt, wo ſie ſich wechſelſeitig neutraliſiren und den Condenſator ungeladen zurücklaſſen werden. Eine Folgerung hieraus iſt, daß, wenn zwei Metalle von ungleichen Ableitungsflächen ſich iſolirt berühren, die Dicke der elektriſchen Schicht oder, was daſſelbe iſt, die elektriſche Intenſität auf dem Metalle von größerer Ableitung kleiner als auf dem Metall kleinerer Ableitung ſeyn wird; in ſo fern ſich daſſelbe Quantum Elektricität über mehr Puncte zu verbreiten hat, und zwar, daß ſich die Intenſitäten auf dem einen und dem andern Gliede des Elektromotors genau umgekehrt wie die Ableitungsgrößen dieſer Glieder verhalten werden. In der That hat die allgemeine Erfahrung dieſes für die beiden Gränzen der möglichen Fälle, wo eine leichte Bewährung möglich iſt, beſtätigt, den nämlich, wo die Ableitungsgrößen beider Metalle gleich, und den, wo die eine unendlich größer als die andere iſt.

Man findet daher, wenn von den zwei Gliedern eines Elektrometers das eine iſolirt, wenn auch mit einer großen aber iſolirten Ableitungsfläche in Verbindung iſt, das andre aber nicht iſolirt, ſtets das letztre, am Condenſator geprüft, null elektriſch, weil ſeine Ableitung nach dem Erdboden für unendlich anzuſehen iſt gegen die Ableitung, mit der das andre Metall verſehen iſt. Setzt man dagegen beide Metalle auf dieſelbe Weiſe mit dem Erdboden in Verbindung, ſo zeigt jedes derſelben, am Condenſator geprüft, dieſelbe Stärke der El.; keines iſt null, weil, obwohl die Ableitung hier für beide unendlich iſt, ſie doch zugleich ſich für beide gleich verhält. Anders verhält ſich die Sache, wenn man beide Metalle auf ungleiche Weiſe mit dem Erdboden in Verbindung ſetzt, das eine nämlich durch einen beſſern, das andere durch einen ſchlechtern feuchten Leiter oder ſo, daß man der einen Platte mehr Berührungspuncte als der andern mit der feuchten Ableitung nach der Erde giebt. Prüft man in dieſem Falle ſucceſſiv beide Metalle am Condenſator, ſo zeigt ſich das Metall, welches mit der beſſern Ableitung nach dem Boden verſehen iſt, ſtets ſchwächer elektriſch als das andre, und dieſe Differenz kann man leicht ſo weit treiben, daß das eine gar keine El. mehr darzubieten ſcheint; wiewohl es ſolche ſofort wieder in gleichem Grade mit dem andern zu erkennen giebt, wenn man entweder ſeine Ableitung nach dem Boden ſo weit verſchlechtert, oder die des andern ſo weit verbeſſert, daß ſie ſich in dieſer Hinſicht gleich verhalten. Dieſe Umſtände habe ich durch vielfache Verſuche in der Erfahrung nachgewieſen.

Es würde allerdings wichtig ſeyn, auch für andre, als die hier angegebenen, Fälle das aufgeſtellte Geſetz prüfen zu können, allein wir beſitzen hiezu kein erforderliches Meßinſtrument. Nach der allgemeinen Uebereinſtimmung mit Theorie und Erfahrung kann man es jedoch mit Sicherheit für zuverläſſig halten.

Durch das Verhältniß der Ableitungsgrößen iſt ſolchergeſtalt in jedem Falle das Verhältniß der Intenſitäten der Elektricität auf beiden Platten zu einander beſtimmt; allein es bleibt noch die Frage nach ihrer abſoluten Größe übrig. In dieſer Hinſicht gilt ein Geſetz, von welchem man allerdings geſtehen muß, daß es bis jetzt noch durch keine ſtrengen directen Verſuche erwieſen iſt, welches ſich jedoch in Bezug auf die zuſammengeſetzten Erſcheinungen mit der Erfahrung ſo durchaus in Uebereinſtimmung zeigt, daß man es unbedenklich als ein Grundgeſetz für die galvaniſche Elektricität aufzuſtellen pflegt. Dies iſt folgendes.

Wenn gleich das Verhältniß der Intenſitäten auf der einen und der andern Platte ſehr verſchieden ſeyn kann, nach Beſchaffenheit von deren Ableitungsgrößen, ſo bleibt ſich doch die Summe dieſer Intenſitäten bei allen Veränderungen dieſes Verhältniſſes ſtets gleich, und hängt ihrer Größe nach ab von der elektromoteriſchen Kraft, welche in der Berührung beider Metalle erregt wird, ſo daß ſie als ihr Maß dienen kann.

Es folgt aus dieſem Geſetze der ſchon oben angedeutete Umſtand, daß wenn von zwei ſich berührenden Platten eine dadurch auf den Nullzuſtand gebracht wird, daß man ihr eine unendlich größere Ableitung giebt, als der andern Platte, ſo wird die Intenſität der Elektricität auf der andern Platte gerade doppelt ſo ſtark werden, als ſie in dem Fall war, wo die Ableitungsgrößen beider Platten ſich gleich fanden *.

Alle Beobachter, welche Verſuche hierüber angeſtellt haben, ſtimmen darin überein, daß dies wirklich der Fall ſey, wenn man auch geſtehen muß, daß ihre dabei angewandten Inſtrumente ein genaues Maß nicht zuließen.

---

* Man kann die hier angeführten Beziehungen durch eine einfache Formel ausdrücken: Wenn wir die Intenſität der Elektr. auf der Platte, welche die Ableitungsgröße A beſitzt, J_A nennen, die Intenſität der El. auf der andern Platte, welche die Ableitungsgröße Z hat, J_Z, die Summe der Intenſitäten auf beiden Platten a, ſo haben wir nach dem Obigen die beiden Gleichungen:

$$J_A + J_Z = a$$
$$J_A A = J_Z Z$$

woraus

$$J_A = \frac{aZ}{A+Z} \; ; \; J_Z = \frac{aA}{A+Z}$$

Viertes Capitel.

Galvaniſche Combinationen aus drei und mehrern Platten.

Unſere Unterſuchungen in dem vorigen Capitel betrafen immer blos Combinationen aus zwei heterogenen Platten. Es iſt von Wichtigkeit, die Erſcheinungen kennen und deuten zu lernen, welche bei Combination von mehrern ſolchen Platten eintreten können; wiewohl dieſe Erſcheinungen ſich eigentlich als reine Folgerungen aus den Datis, die wir in dem vorigen Capitel über die Vertheilung der El. in Combinationen aus zwei Platten erhalten haben, ſchon vorausſehen laſſen.

Wir beginnen unſere Erörterungen an einigen einfachen Fällen.

Es ſeyen auf Taf. VIII. Fig. 4 K Z K drei über einander liegende Platten Kupfer Zink Kupfer. Das unterſte Kupfer ſey mit dem Erdboden in Verbindung, das darüber liegende (iſolirte) Zink bleibe mit ihm in ſteter Berührung, und das oberſte Kupfer werde wiederholt an einem iſolirenden Handgriff vom Zink abgehoben, um es an das condenſirende Elektroſkop zu entladen.

Es fragt ſich, welche El. wird das Elektroſkop zu erkennen geben.

Nach den im vorigen Capitel erörterten Geſetzen muß hier ein zuſammengeſetzter Erfolg eintreten. Betrachten wir zuvörderſt die gleichförmig verbreitete Elektricität auf jeder Platte. Das Zink nimmt durch Berührung mit dem unterſten Kupfer poſitive El. an, die ſich mit über das oberſte Kupfer fortpflanzt. Das oberſte Kupfer ſelbſt aber nimmt durch directe Berührung mit dem Zink eine eben ſo ſtarke negative El. an, die ſich ebenfalls über ſeine Oberfläche fortpflanzt. Beide Elektricitäten neutraliſiren ſich mithin und hienach könnte das oberſte Kupfer durch das öfterer wiederholte Abheben vom Zink gar keine El. an den Condenſator mit hinüber nehmen. In der That findet man dieſe Behauptung oft genug hingeſtellt. Nichts iſt jedoch falſcher. Außer der eben betrachteten gleichförmigen, ſich über jede und die damit verbundenen Platten verbreitenden, El. entwickelt ſich noch an der Berührungsoberfläche jeder Platte eine condenſirte El. von bedeutender Intenſität, die durch Trennung der Platten zum Vorſchein kommt. Heben wir ſonach das oberſte Kupfer vom Zink ab, ſo wird ſeine vorhin an der Berührungsoberfläche gebundene El. frei werden, und ſich beim Uebertragen an den Condenſator in dieſen ergießen können. In der That findet man, daß das Kupfer auf dieſe Weiſe eine merklich eben ſo ſtarke El. am Condenſator zu erkennen giebt, als wenn das unterſte Kupfer gar nicht vorhanden wäre. Auch kann das unterſte Kupfer hiebei iſolirt ſeyn, ohne daß dieß den Erfolg des Verſuchs ändert, wofern man nur vor jedem neuen Aufſetzen der obern Kupferplatte das Syſtem des Zinks und untern Kupfers ableitend berührt.

Statt des untern Kupfers kann man nun auch beliebige andre Metalle in beliebiger Zahl und Folge unterlegen; das Kupfer wird durch wiederholtes Abheben ſtets merklich eben ſo ſtarke negative El. an den Condenſator überführen, als wenn es blos mit dem Zink ohne Gegenwart jener andern Metalle in Berührung käme. Ueberhaupt gilt das allgemeine, von mir durch vielfache Verſuche nachgewieſene, Reſultat, daß in allen Fällen, wo ſich noch deutliche Anzeigen durch den Condenſator erhalten laſſen, die Elektricität, die durch Trennung ſich berührender iſolirter Metallplatten zum Vorſchein kommt, ſtets der Beſchaffenheit der direct getrennten Glieder entſpricht, unabhängig dagegen iſt von der Beſchaffenheit der mit den getrennten Gliedern in Verbindung geſetzten Metalle. Auch findet in allen dieſen Fällen dieſelbe Abhängigkeit des Effects von der Berührungsgröße Statt, als da, wo blos zwei Platten ſich berühren.

Stellen wir aber jetzt den Verſuch ſo an, daß wir das oberſte Kupfer, Taf. VIII. Fig. 4, anſtatt es vom Zink abzuheben, um ſeine El. an den Condenſator übergehen zu laſſen, an den Condenſator anbringen, während es auf dem Zink ruhen bleibt, ſo wird, wie oft man es auch ſolchergeſtalt anbringen mag, doch nicht die mindeſte Spur von El. dadurch bemerklich gemacht werden können, gleichviel, ob das unterſte Kupfer dabei iſolirt oder nicht iſolirt wird. In der That kann hier keine condenſirte El. frei werden, weil keine Platten getrennt werden, es findet mithin blos die zuerſt betrachtete Ausgleichung der gleichförmig verbreiteten Elektricitäten Statt.

Dieſe Ausgleichung würde auch in dem Fall noch allein Statt haben, wenn man die oberſte Kupferplatte wegließe, und die kupferne Condenſatorplatte direct mit dem Zink, das auf dem untern Kupfer liegen bleibt, berührt, wenn gleich nach jedesmaliger Berührung das Zink von der Condenſatorplatte getrennt wird, wofern man nur die Berührungsoberfläche des Zinks mit der Condenſatorplatte ſo klein einrichtet, daß kein in Anſchlag kommendes Quantum condenſirter El. durch Trennung dieſer Berührungsoberflächen frei werden kann.

Bleiben wir jetzt bei den Anordnungsarten des Verſuchs ſtehen, wo der Einfluß der in den Platten condenſirten El. nicht in Anſchlag kommt, entweder weil die Platten ungetrennt bleiben, oder weil die Trennungsflächen zu klein ſind, als daß die Quantität der von ihnen aus ſich verbreitenden El. in bemerklichen Anſchlag gegen die Quantität der gleichförmig verbreiteten El. kommen könnte; und ſuchen die Geſetze für dieſen Fall auf.

Betrachten wir zu dieſem Zweck eine Combination aus drei Gliedern, A, B, Z, Taf. VIII. Fig. 5, wo A, B, Z beliebige Metalle vorſtellen können. Nun verbreitet ſich die El., die B mit Z annimmt, auch gleichförmig (abgeſehen von dem condenſirten Theil der El.) über A und addirt ſich oder ſubtrahirt ſich hier zu derjenigen El., die A vermöge ſeiner eigenthümlichen Berührung mit B

annimmt, je nachdem sie mit ihr gleichartig oder entgegengesetzt ist. Folglich wird A, wenn es an den Condensator angebracht wird, während man zugleich Z mit dem Boden in Verbindung setzt *, im Allgemeinen nicht mehr die nämliche El. zeigen können, als wenn es B ohne Gegenwart von Z berührt hätte: man wird aber, wenn man die Stärke und Art der El., die B mit Z annimmt, kennt, solche in jedem Fall bestimmen können, wie hiedurch der el. Zustand von A modificirt werden muß.

Es erhellt hiedurch z. B. ohne Schwierigkeit der Erfolg des schon oben erörterten Beispiels, daß, wenn A und Z Kupfer sind, B aber Zink, A sich am Condensator null elektrisch zeigen wird, weil die negative El., die es durch Berührung mit dem Zink annimmt, durch eine gleich starke positive El. neutralisirt wird, die sich von dem Zink, vermöge dessen Berührung mit Z, auf A überpflanzt, während die positive El., die das Zink durch Berührung mit A annimmt, in den Boden übergeht. Solchergestalt muß überhaupt in allen Fällen, wo ein Metall zwischen zwei gleichartigen liegt, von denen das eine am Condensator geprüft wird, während das andere mit dem Boden in Verbindung steht, das am Condensator geprüfte sich null elektrisch zeigen.

Nimmt man lauter verschiedene Metalle für A, B und Z, so findet man das bemerkenswerthe allgemeine Erfahrungsergebniß, daß, wie auch das zwischen die Endglieder A und Z eingebrachte Metall B beschaffen seyn mag, doch das am Condensator geprüfte Glied A sich gerade in der Art und Stärke elektrisch verhält, als wenn es, ohne Zwischenlage von B, direct mit Z zusammengebracht würde **.

Ja man kann anstatt B eine beliebige Anzahl verschiedenartiger oder gleichartiger Metalle zwischen A und Z einbringen, immer wird die Art und Stärke der El. von A die nämliche bleiben, als wenn es Z direct berührte.

Wenn wir auf die Umstände, von welchen die Allgemeingültigkeit dieses Resultats abhängt, näher eingehen, so werden wir, wie nachher näher erörtert werden soll, zu folgendem wichtigen Gesetz geführt, welches man häufig schlechthin unter dem Namen des Gesetzes der galvanischen Spannungsreihe angeführt findet:

Wenn wir den relativen Abstand der Metalle in der galvanischen Spannungsreihe von einander durch

---

* Dies muß deshalb geschehen, damit der Condensator überhaupt ein bemerkliches Quantum El. von A annehmen könne; denn zufolge des Gesetzes auf S. 27 verhalten sich die Intensitäten der gleichförmig verbreiteten El. auf jeder Platte umgekehrt wie die Ableitungen; wollte man nun Z isolirt lassen, so würde A eine sehr große Ableitung durch den Condensator in Verhältniß zu Z haben, mithin keine in Betracht kommende Intensität erlangen können.

** Der vorhin erörterte Fall, wo A und Z gleichartig sind, tritt, wie leicht erhellt, ebenfalls unter dieses allgemeine Gesetz, da gleichartige Metalle durch ihre Berührung keine Electricität geben.

Zahlen ausdrücken*, ſo iſt der Abſtand je zweier entfernten Glieder darin allemal genau gleich der Summe der Abſtände aller Zwiſchenglieder. Betrachten wir z. B. die ſchon früher angegebene Reihe

Zink	5
Blei	1
Zinn	3
Eiſen	2
Kupfer	1
Silber	

Der relative Abſtand je zweier auf einander folgenden Metalle iſt darin nach Volta's Verſuchen, deren Richtigkeit wir vorläufig annehmen wollen**, ſo beſchaffen, wie die beigefügten Zahlen angeben. Wenn er ſonach zwiſchen Zink und Blei = 5 und zwiſchen Blei und Zinn = 1 iſt, ſo werden wir nach ebenſtehendem Geſetz zu ſchließen haben, daß er zwiſchen Zink und Zinn = 6 ſey; eben ſo wird er zwiſchen Blei und Kupfer = 6 ſeyn müſſen; zwiſchen Zink und Silber = 12 u. ſ. f.

Volta glaubt in der That dies Geſetz durch directe Vergleichung dieſer Abſtände mittelſt des Elektrometers bewährt zu haben. Allein man muß geſtehen, daß ſein Verfahren hiebei unzulänglich war. Es erhellt aber leicht, daß dies Geſetz auf indirecte Weiſe aus der oben angegebenen Erfahrung, daß die Endglieder einer Reihe von Metallen ſich ſtets ſo elektriſch verhalten, als wenn ſie direct zuſammengebracht wären, hervorgeht.

Um dies an einem Beiſpiele nachzuweiſen, wollen wir die Reihe aus den drei Metallen

Zink	A
Zinn	B
Kupfer	Z

betrachten. Der Abſtand zwiſchen Zink und Zinn iſt nach Volta = 6, zwiſchen Zinn und Kupfer = 5. Nun iſt die El., die das Zink annimmt, die Summe der poſitiven El. (= + 6), die es durch

---

* Man ſagt von einem Metall A, daß es doppelt ſo weit als B von Z abſtehe, wenn die Intenſität der El., die A durch Berührung mit Z anzunehmen vermag, doppelt ſo groß iſt, als die Intenſität der El, die B mit Z annehmen kann.

** Wir müſſen bemerken, daß Volta dieſe relativen Abſtände durch die Grade zu beſtimmen ſuchte, um welche ſein Strohhalmelektrometer divergirte, wenn er es durch Elektrometer aus verſchiedenen Metallen lud. Dieſe Methode iſt allerdings nicht genau, weil dieſe Grade den Intenſitäten der El. nicht proportional ſind. Für jetzt genügt es indeß, obige Zahlen beiſpielsweiſe zu Grunde zu legen.

directe Berührung mit dem Zinn erhält und der poſitiven El. (= + 5), die das Zinn mit dem Kupfer annimmt, und die ſich mit gleichförmiger Intenſität auch über das Zink verbreitet. Mithin wird die ganze Intenſität des Zinks in dieſem Fall durch + 11 ausgedrückt werden.

Da wir nun finden, daß das Zink ganz dieſelbe Intenſität erhält, wenn es direct mit dem Kupfer zuſammengebracht wird, ſo wird hiedurch in dieſem beſondern Falle das Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe beſtätigt. Eine ähnliche Betrachtung läßt ſich auch auf alle andern Fälle anwenden, wo andere, oder wo mehr Glieder zwiſchen die Endglieder eingeſchoben werden, und hiedurch erhält obiges Geſetz ſeine volle Allgemeingültigkeit.

Die Combinationen aus drei oder mehr Metallen bieten noch manche beſondre Fälle dar, die wir nicht weitläuftig, ſondern nur ihren allgemeinſten Umſtänden nach eröitern werden, da ſie theils ohne Schwierigkeit aus der allgemeinen Theorie abgeleitet werden können, theils für die Folge der Erſcheinungen ohne große Wichtigkeit ſind.

Geſetzt wir hätten eine Reihe aus beliebigen Metallen,

A
B
C
⋮
Z

von denen jedenfalls A am Condenſator geprüft werde, während man eins oder mehrere der andern Glieder mit ſehr großen Ableitungen, z. B. nach dem Erdboden, verſieht. Wird nun anſtatt des Endgliedes Z irgend ein andres Glied der Reihe, z. B. C mit dem Erdboden in Verbindung geſetzt, ſo wird jetzt A denjenigen elektriſchen Zuſtand am Condenſator zeigen, der ihm vermöge ſeiner directen Berührung mit C zukommen würde, und alle andern zwiſchen und außerhalb befindlichen Glieder der Reihe werden für A ſo gut wie nicht vorhanden ſeyn. — Werden ferner aus jener Reihe zwei beliebige Metalle zugleich und auf dieſelbe Weiſe mit dem Boden in Verbindung geſetzt, ſo wird, wenn A vermöge der directen und alleinigen Berührung mit dem einen poſitiv, mit dem andern aber negativ geworden ſeyn würde, der el. Zuſtand von A die Differenz beider Zuſtände ſeyn. Werden aber zwei Metalle aus der Reihe auf ungleiche Weiſe mit dem Boden in Verbindung geſetzt, ſo wird A jederzeit diejenige Art El. anzunehmen ſtreben, welche ihm vermöge ſeiner directen Berührung mit dem Metall zukommen würde, welches die beſſere Ableitung nach dem Boden hat; wofern nicht der ſtärkere elektromotoriſche Gegenſatz, in dem es etwa mit dem Metalle von der ſchlechtern Ableitung ſteht, dieſen Umſtand ausgleicht.

Allgemein ergiebt ſich, daß, wie man auch die Folge der Glieder B, C ... Z unter einander verwechſeln mag, doch der elektriſche Zuſtand von A ganz ungeändert bleibt, wofern nur jedes Metall an alle ſeine neuen Stellen immer dieſelben Ableitungsgrößen mit hinüber nimmt, die ihm einmal gegeben worden ſind *.

Es bleiben jetzt für die blos trockene Berührung von Metallen unter einander noch zwei Fälle zu erörtern übrig. Man kann erſtens fragen, welches wird der el. Zuſtand des am Condenſator geprüften Metalls A ſeyn, wenn es nicht blos von einem Metall, ſondern wie in Taf. VIII. Fig. 6 von zwei, drei oder mehrern Metallen zugleich berührt wird, von denen man eins oder mehrere mit dem Erdboden in Verbindung ſetzt. Dieſer Fall tritt ganz unter die vorigen Fälle, wenn wir uns erinnern, daß der el. Zuſtand eines Metalls ganz derſelbe bleibt, in welcher Ordnung man auch die andern Metalle gegen daſſelbe anbringen mag; wenn nur ihre Ableitungsvermögen gleich bleiben. Der andre zu erörternde Fall iſt der, wenn man die Endglieder einer Reihe aus beliebigen Metallen ſelbſt mit einander in Berührung bringt, ſo daß aus der offenen metalliſchen Kette eine metalliſch geſchloſſene entſteht, wie z. B. in Fig. 7. Allein auch hier wird man finden, daß, welches der Glieder dieſer Kette man immer mit dem Condenſator in Verbindung ſetzen mag, es denſelben Zuſtand anzeigt, den es erhalten haben würde, wenn die andern Glieder in der Anordnung einer ungeſchloſſenen Kette darangefügt worden wären, wofern man nur jedem Gliede im einen und andern Falle ein gleiches Ableitungsvermögen läßt.

Von den ganz eigenthümlichen Wirkungen, welche man erhalten kann, wenn man zwiſchen den Gliedern eines Elektrometers nicht durch einen feſten, ſondern durch einen flüſſigen Leiter die Kette ſchließt, wird erſt ſpäterhin die Rede ſeyn.

---

* Alle drei zuletzt aufgeführten Regeln habe ich ſelbſt durch eine ſehr ins Einzelne gehende Prüfung am Condenſator beſtätigt gefunden. Man kann ſie leicht aus einer allgemeinen Formel herleiten, die ich für das Endglied A einer Reihe von 3 und 4 Gliedern beſitzen will, und welche man leicht durch die Betrachtung findet, daß die El., die jedes Glied mit einem andern annimmt, ſich gleichförmig auch über alle andern nach jener Seite liegende Glieder fortpflanze.

$$J_A = \frac{bB + aZ}{A + B + Z}$$

$$J_A = \frac{bB + cC + aZ}{A + B + C + Z}$$

In dieſen Formeln drücken b, c, a die Abſtände aus, welche reſpective B, C und Z von A haben, und es werden c und a poſitiv oder negativ genommen, je nachdem ihre Spannung gleichartig oder entgegengeſetzt von b iſt. — Wenn in dieſen Formeln eine der Ableitungsgrößen durch Verbindung mit dem Erdboden unendlich wird, ſo verſchwinden alle Glieder dagegen, die dieſe endliche Ableitungsgröße haben. Werden zwei Glieder zugleich mit dem Boden in Verbindung geſetzt, ſo erhalten die Buchſtaben, welche ihre Ableitungsgrößen bezeichnen, Werthe, die dem Verhältniß ihrer Ableitungsgrade entſprechen.

Fünftes Capitel.

Von der ungeschlossenen Volta'schen Säule.

Die Wirkung, welche man mittelst eines einzigen Elektromotors auf den Condensator auszuüben vermag, ist immer verhältnißmäßig nur schwach. Eine Verbindung mehrerer derselben, etwa so, daß man Kupfer, Zink, Kupfer, Zink u. s. w. abwechselnd ohne feuchten Zwischenleiter über einander schichtete (Robison'sche Säule), kann nach den erörterten Grundsätzen ebenfalls nicht mehr leisten, als ein einziges Plattenpaar, da in jedem Fall die Endglieder einer blos aus Metallen bestehenden Säule nicht stärker und nicht schwächer el. werden, als wenn sie sich direct berührten. Allein man kann eine Verstärkung der El. dadurch erhalten, daß man Elektromotore aus Metallen auf gehörige Art mit feuchten Leitern combinirt, eine Entdeckung, welche Volta's Namen verewigt hat.

In der That, man lege auf ein erstes Plattenpaar Kupfer und Zink c, z (Taf. VIII. Fig. 8), von welchem das Kupfer mit dem Boden in Verbindung steht, eine mit irgend einer leitenden Flüssigkeit befeuchtete Papp- oder Tuchscheibe l, und über diese ein zweites Plattenpaar c, z, nach derselben Ordnung, als das erste. Was wird der Erfolg hievon seyn?

Das Zink z_1 nimmt vermöge seiner Berührung mit dem Kupfer eine gewisse positive el. Intensität an, die wir $= 1$ setzen wollen; und diese Intensität verbreitet sich gleichförmig * auch über den feuchten Leiter und das ganze zweite Plattenpaar c_2, z_2, während die negative El. des Kupfers c_1 vermöge seiner Verbindung mit dem Erdboden null ist. Nun aber erhält das Zink z_2 des zweiten Plattenpaars auch vermöge seiner Berührung mit c_2 eine positive El. $= 1$, während die negative El., die das Kupfer c_2 mit ihm annehmen sollte, wiederum, weil sie eine Ableitung nach dem Boden hat, null ist. Mithin addiren sich in z_2 die zwei Intensitäten, die nämlich, welche es durch Ueberleitung von z_1 empfängt, und die, die ihm vermöge seiner eigenthümlichen Berührung mit c_2 zukommt; und der Zustand der ganzen Combination wird sonach jetzt folgender seyn **:

Oberes Plattenpaar $\begin{cases} z_2 = +2 \\ c_2 = +1 \end{cases}$

Unteres Plattenpaar $\begin{cases} z_1 = +1 \\ c_1 = 0 \end{cases}$

---

* Hier wie in allem Folgenden sehen wir von der condensirten El. ab, die an den Berührungsflächen angesammelt bleibt; denn weil die Flächen ungetrennt bleiben, geht sie nicht ins Spiel der Erscheinungen ein.

** Es leuchtet ein, daß, wenn c_2 ohne Zwischenwirkung eines feuchten Leiters auf z_1 läge, so würde die negative El. $= -1$, die es vermöge der Berührung mit z_1 annimmt, und die sich mit auf z_2 fortpflanzt, dort eine Quantität El. $= +1$ neutralisiren.

Erweitert man die vorige Schlußfolge für drei Plattenpaare (Taf. VIII. Fig. 9), von denen jedes vom andern durch einen feuchten Leiter getrennt ist, so wird ihr elektrischer Zustand seyn:

Oberstes Plattenpaar	$z_3 = +3$, $c_3 = +2$
Mittleres Plattenpaar	$z_2 = +2$, $c_2 = +1$
Unterstes Plattenpaar	$z_1 = +1$, $c_1 = 0$

Man sieht leicht ein, daß, wenn man solchergestalt fortfährt, immer mehr Plattenpaare über einander zu legen, die Quantitäten freier positiver El. von unten nach oben in einer arithmetischen Progression zunehmen müssen, und man wird die Verstärkung so ins Unbestimmte treiben können. In der That kennt man bis jetzt noch keinen andern Umstand, der ihr eine Gränze setzen könnte, als daß, wenn die Intensität der obersten Platte zu stark würde, nothwendig ihre Repulsivkraft in dem Grade wachsen müßte, daß sie ein Ausströmen der El. veranlassen würde; gerade so wie auch ein Conductor sich nicht bis über einen gewissen Grad der Intensität laden läßt. Bis jetzt jedoch hat man noch keine so starke Säule aufgebaut, daß dieser Umstand merklich in Betracht gekommen wäre.

Wir haben bei dieser Darstellung die Säule in der Ordnung Kupfer, Zink u. s. w. vom Boden an aufgebaut angenommen. Es leuchtet indeß ein, daß, wenn wir sie in entgegengesetzter Ordnung schichteten, noch ganz dieselben Schlußfolgen dafür gelten würden, nur daß jetzt die Säule mit abnehmender Stärke von Oben nach Unten negativ seyn würde.

Bemerkt mag werden, daß man die Endplatten einer Volta'schen Säule, oder die Enden der an die Endplatten gefügten Drähte u. s. w. mit dem Namen Pole der Säule zu belegen pflegt.

Die Bestimmungen, welche wir hier durch theoretische Ableitung über den elektrischen Zustand einer Volta'schen Säule gegeben haben, deren einer Pol mit dem Condensator, der andre mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt wird, bestätigen sich ihren allgemeinen Umständen nach in der Erfahrung, indem man jedenfalls findet, daß der mit dem Erdboden in Verbindung stehende Pol einer solchen Säule null elektrisch ist, und daß die Intensität der El. von da an, der Art nach gleichbleibend, bis zum andern Pol der Säule gleichförmig wächst. Doch fehlt es noch an genauen Versuchen, welche darthäten, daß die Zunahme hierbei wirklich in einer arithmetischen Progression erfolgt.

Biot glaubt, dem strengen Stattfinden dieser Progression in der Wirklichkeit möchte wohl der Umstand entgegenstehen, daß bei den vorigen Erörterungen ein vollkommenes Leitungsvermögen der

feuchten Zwiſchenleiter vorausgeſetzt ſey, was in der Wirklichkeit nicht Statt finde. Indeß wird aus ſpätern Erfahrungen erhellen, daß ein ſchlechteres oder beſſeres Leitungsvermögen auf den endlichen Zuſtand, den die Glieder der Säule annehmen, wirklich ohne Einfluß iſt, daß es vielmehr blos die Zeit, in der dieſer Zuſtand zu Stande kommt, modificirt; indem es die Bewegung der El. mehr oder weniger verlangſamt *.

Die Schwierigkeit, auf dem Erfahrungswege die hinſichtlich der Intenſität der Säule in Betracht kommenden Umſtände genau zu bewähren, liegt hauptſächlich in dem Mangel eines leicht anwendbaren und ſichern Meßinſtruments begründet. In der That eignet ſich genau genommen kein anderes hiezu, als ein Condenſator, der an einer elektriſchen Drehwage entladen wird, deren Gebrauch jedoch nur in den Händen eines ſehr umſichtigen Phyſikers zu ſichern Reſultaten führen kann. Ueberdies erfodert auch die Art, wie man den Condenſator mit der Säule in Verbindung zu ſetzen hat, beſondere Vorſichtsmaßregeln, wenn die Reſultate vergleichbar ausfallen ſollen; in welcher Hinſicht Biot folgende Bemerkungen macht.

Damit die Wirkung des Condenſators regelmäßig, gleichförmig und möglichſt kräftig ſey, muß man die größte Sorgfalt tragen, zwiſchen ſeinen Platten und den Polen der Säule eine vollkommene Verbindung zu bewerkſtelligen; denn da die Quantitäten freier El. verhältnißmäßig ſehr gering ſind, ſo reicht das geringſte Hinderniß hin, ihre Fortpflanzung zu hemmen oder beträchtlich zu verlangſamen, wo dann der Condenſator ſich weit weniger El. aneignet, als der Fall ſeyn würde, wenn eine vollkommen leitende Verbindung Statt fände. Noch ſchlimmer, wenn die Art der Verbindung ſelbſt veränderlich iſt, wie wenn man den Condenſator in der Hand hält, und ſich begnügt, den Gipfel der Säule mit dem Knopfe ſeines Collectors zu berühren. Thut man dies mehrmals hinter einander bei der nämlichen Säule, ſo können die Quantitäten El., mit denen ſich der Collector ladet, binnen eines Augenblicks zwiſchen dem Einfachen, Dreifachen, ja ſelbſt Vierfachen wechſeln, anſtatt daß ſich hierin eine vollkommene Gleichheit zeigen wird, wenn man die Verbindung auf eine gleichförmigere Weiſe bewerkſtelligt.

Nach vielen Verſuchen fand Biot folgende Einrichtung des Apparats am zweckmäßigſten. Auf einen feſten Tiſch befeſtigt er mit Schrauben ein hölzernes Parallelepipedum AB (Taf. VIII. Fig. 10), das mit Stanniol belegt iſt. Das Ende A dieſes Parallelepipedums trägt einen, eben abgekürzten und gut polirten, Metallkegel, auf welchem die Säule ruht; durch das andere B geht ein verticaler, zum Auf- und Niederſchrauben eingerichteter, Metallſtab TT hin-

* Man kann ſich deshalb in dieſen elektroſkopiſchen Verſuchen über die Säule nur ganz wenig und mit reinem Waſſer befeuchteter Tuchſcheiben bedienen, was zweckmäßig iſt, um das Angreifen der Platten zu verhüten.

durch, der ſich in eine Metallplatte endigt, auf welcher man durch eine Metallſchraube den Fuß des Condenſators unbeweglich befeſtigt. So kann man dies Inſtrument bis zur Höhe der Säule, mit der man den Verſuch anſtellt, bringen, ohne der Genauigkeit der Verbindungen Eintrag zu thun.

Um nun die Verbindung des Condenſators mit dem Gipfel der Säule auf eine ſich ſtets gleich bleibende Weiſe zu bewerkſtelligen, ſetzt man auf letztre ein kleines, mit Queckſilber gefülltes, eiſernes Gefäß, das unten recht wohl gereinigt iſt, und befeſtigt an den Condenſatordeckel einen elaſtiſchen biegſamen Draht, der mit einem eiſernen Knopfe verſehen iſt. Hat man dann das Inſtrument bis zur Höhe der Säule gebracht, ſo braucht man nur den Knopf mittelſt einer gefirnißten Glasröhre in das Queckſilber herabzudrüken und dann den Draht durch ſeine eigene Elaſticität zurükſpringen zu laſſen; man wird auf dieſe Weiſe ſicher ſeyn können, eine ſo gleichförmige und augenblikliche Berührung zu erhalten, als ſich nur wünſchen läßt. Man kann ſie alsdann, wenn man will, noch weiter verlängern, um zu ſehen, ob die Zeit auf die Ladung des Condenſators Einfluß hat. Wenn der Draht aus dem Queckſilber heraus iſt, hebt man den Collector recht parallel mit ſich ſelbſt ab und berührt ihn mit der unbeweglichen und iſolirten Kugel der elektriſchen Wage. Man bringt dieſe Kugel in ihren Glaskaſten zurük; die bewegliche, in natürlichem Zuſtand befindliche, Scheibe kommt mit ihr in Berührung und wird ſogleich auf eine gewiſſe Entfernung abgeſtoßen, welche man beobachtet; oder man kann auch den Aufhängungsfaden drehen, bis die Scheibe auf einen feſten Abſtand von der Kugel zurükgebracht iſt. Bei dem einen, wie bei dem andern Verfahren wird, da ſich die Scheibe durch Berührung und auf Koſten der Kugel elektriſirt, der Drehungswinkel das Quadrat der Quantität El. meſſen, welche der Kugel vom Condenſator und dieſem von der Säule mitgetheilt worden iſt. Biot hat ſich überzeugt, daß man mittelſt dieſes Verfahrens aus einer Reihe hinter einander angeſtellter Verſuche vollkommen vergleichbare Reſultate erhält *; was keineswegs der Fall iſt, wenn man ſich der Vorſichtsmaßregeln überhebt, welche die Vollkommenheit und Gleichmäßigkeit der Berührung mit dem Condenſator zu ſichern dienen **.

Durch Verſuche, welche auf dieſe Weiſe angeſtellt wurden, fand Biot, daß die elektriſche Spannung Volta'ſcher Säulen unabhängig von der Größe ihrer Plattenpaare iſt, ſo daß, wenn nur die Zahl der Platten und die Beſchaffenheit des feuchten Zwiſchenleiters ſich

* Neun Verſuche z. B., hinter einander mit einer Säule von 16 Plattenpaaren angeſtellt, variirten manchmal nur zwiſchen 70° und 73° der el. Wage.

** Die Platten, deren ſich Biot bei ſeinen Verſuchen bediente, waren alle von gleichen Dimenſionen. Von den Zink- und Kupferſcheiben waren je zwei mit Gewalt an einander gedrukt, ſo daß ſie ſich ohne Falle von Luftblaſen über einander legen ließen.

gleich ſind, dieſelbe Ladung erhalten werden wird, mag man Platten von der 1fachen oder 100fachen Oberfläche anwenden. Dieſer Satz, welcher auch durch die Verſuche Anderer ſeine volle Beſtätigung erhalten hat, iſt eigentlich nur eine Folgerung aus unſern Grundanſichten über die Art, wie ſich die El. in galvaniſchen Combinationen verbreitet. Biot fand ferner, indem er die Ladungen verglich, die durch Säulen von gleich viel Plattenpaaren, aber mit verſchiedenen leitenden Flüſſigkeiten aufgebaut, erhalten wurden, daß das Waſſer, die Auflöſungen von Kochſalz, von Salmiack, von chlorſaurem Kali, von Alaun und von Eiſenvitriol, mithin Flüſſigkeiten von ſehr verſchiedener Beſchaffenheit, einander ſehr nahe in ihrer Wirkſamkeit kamen; ſo daß ſonach die endliche Ladung der Pole unabhängig von dem verſchiedenen Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten zu ſeyn ſcheint, das Erſcheinungen zufolge, die wir im nächſten Capitel betrachten werden, wahrſcheinlich nur die Zeit, in welcher die Ladung zu Stande kommt, modificirt. Allerdings fand Biot zwiſchen andern Flüſſigkeiten, z. B. Natronauflöſung und Alaunauflöſung u. ſ. w. ſehr bedeutende Verſchiedenheiten in dem angegebenen Bezug. Wir haben jedoch nach ſpäter zu erörternden Erfahrungen guten Grund, dieſe Verſchiedenheiten darin zu ſuchen, daß manche Flüſſigkeiten ſo ſchnell verändernd auf die Metalle, mit denen ſie geſchichtet werden, einwirken, daß das elektriſche Verhältniß der Metalle ſelbſt zu einander dadurch verändert wird, was denn auch natürlich die Intenſität der davon abhängigen Ladung verändern muß.

Die bisherige Betrachtung galt für die an einem Pole nicht iſolirte Säule. Betrachten wir ſie jetzt, wenn ſie an beiden Polen iſolirt iſt, und nehmen zu dieſem Zweck zuvörderſt eine Säule von 4 Plattenpaaren vor. Das Zink und Kupfer jedes Plattenpaars dieſer Säule werden entgegengeſetzt aber gleich ſtark elektriſch werden, und dieſe Elektricitäten werden ſich gleichförmig auch über alle andern Platten fort verbreiten, die nach derſelben Seite mit der in Betracht gezogenen Platte liegen. Um den Totaleffect zu haben, wird man, wie oben, die poſitiven und negativen Elektricitäten, die ſolchergeſtalt jeder Platte zukommen, zu ſummiren haben und man erhält hiedurch folgendes Schema,

nach welchem die Intenſitäten der einzelnen Platten von oben herab ſeyn werden:

I. Zinkplatte = + 4
I. Kupferplatte = + 2
II. Zinkplatte = + 2
II. Kupferplatte = 0
III. Zinkplatte = 0
III. Kupferplatte = — 2
IV. Zinkplatte = — 2
IV. Kupferplatte = — 4.

Durch eine ähnliche Herleitung kann man bei einer beliebigen Anzahl Platten beſtätigt finden, daß, im Fall beide Pole der Säule iſolirt ſind, die Intenſität der Pole im geraden Verhältniß der Plattenpaare zunehmen, und daß ſie von da nach der Mitte hin, wo ſie null iſt, nach arithmetiſchen Differenzen abnehmen muß *.

Vergleichen wir eine, an beiden Polen iſolirte, Säule mit einer an einem Pole nach dem Erdboden abgeleiteten Säule, bei denen

* Man ſehe leicht, daß die Differenzen hier im Verhältniß zur Intenſität einer Platte doppelt ſo groß (= 2) werden, als bei der Säule, wo Ein Pol nach der Erde abgeleitet iſt. Pfaff (Gehlers Phyſ. Wört. Art. Galvanismus S. 833) hat nach dem Vergange Mehrerer die Differenzen für gleich (im Verhältniß zur Intenſität einer Platte) in beiden Fällen angenommen, nämlich ſie auch für dieſen Fall = 1 geſetzt; allein er giebt keine beſtimmte Anleitung ſeiner Annahme. Es erhellt aber aus der obigen Darſtellung, daß die Differenzen zwar abſolut genommen gleich ſind, indem die Intenſität jeder Platte in der letzteren Säule eigentlich nur ½ von der an einem Pole abgeleiteten iſt, daß ſie aber relativ, wenn man dieſe Intenſität auch = 1 ſetzt, doppelt ſo groß ſind.

wir übrigens eine gleiche Anzahl von Plattenpaaren voraussetzen, so ergeben sich folgende Unterschiede derselben.

Die nicht isolirte Säule hat in ihrer ganzen Länge nur eine und dieselbe Art von El., die vom abgeleiteten Pole an, wo sie null ist, bis zum andern Pole steigt; die an beiden Polen isolirte Säule dagegen hat beiderlei Arten von El., die in der Mitte null sind, aber nach beiden Polen hin in gleichem Grade zunehmen.

Ferner: die Intensität an jedem Pole der isolirten Säule ist gerade halb so stark, als die Intensität an dem isolirten Pole der Säule, die am andern Pole mit dem Erdboden in Verbindung steht; ein Resultat, welches sich leicht theoretisch herleiten läßt, wenn man berücksichtigt, daß nach S. 16 dasselbe auch für ein einfaches Plattenpaar gilt; da der Effect der Säule nur durch Summation der Effecte ihrer einzelnen Plattenpaare hervorgeht. Eine Folgerung aus diesem Umstande ist, daß, wenn man eine Säule, die an beiden Polen isolirt ist, an einem Pole ableitet, die Intensität an dem nicht abgeleiteten Pole auf das Doppelte von vorher steigt, während sie an dem abgeleiteten null wird.

Die Erfahrung hat alle diese Sätze ihren allgemeinen Ergebnissen nach bestätigt, nur fehlen genaue Maße auch hier noch. Man muß jedoch, wenn man den Condensator zur Prüfung dieser Gesetze anwendet, einige Umstände berücksichtigen, ohne die man nur Widersprüche gegen die vorigen Erörterungen würde zu finden glauben. Diese Umstände liegen in dem Einfluß, den das Anbringen von verschiedenen Ableitungsgrößen an die Pole einer Säule hat, da der Condensator selbst eine an sich bedeutende, wenn auch gegen den Erdboden verschwindende, Ableitungsgröße darstellt. Diesen Einfluß der Ableitungsgrößen wollen wir daher jetzt erörtern.

Es ist hiebei nöthig, wieder auf das bei einfachen Plattenpaaren Erörterte zurückzukommen, da jeder Pol einer Säule seine Intensität nur durch Summation der partiellen Wirkungen, die die Pole der einzelnen Plattenpaare äußern, erhält. Nun haben wir gesehen, daß bei einem einfachen Plattenpaar die Intensitäten beider Platten sich umgekehrt wie ihre Ableitungsgrößen verhalten, während die Summe dieser Intensitäten stets gleich bleibt. Ein solches Verhältniß gilt daher auch für die Pole der Säule. Die Intensität jedes Pols verhält sich zur Intensität am andern Pole ziemlich umgekehrt * wie die respectiv daran angebrachten Ableitungen, die Summe dieser Intensitäten ist aber constant.

Es erhellt hieraus, daß der Condensator, wenn er an einem Pole einer isolirten Säule angebracht wird, die Intensität dieses Pols schwächen muß, weil er diesem Pole eine große Ableitung in Verhältniß zum andern Pole darbietet, an welchem kein Condensa-

* Nicht völlig; denn eigentlich ist auch die Ableitungsgröße, welche die Elemente der Säule selbst durch ihre Oberfläche darbieten, in Rechnung zu nehmen.

ter angebracht wird, und die ſammelnde Kraft des Condenſators reicht oft (bei kleinern Säulen) nicht einmal hin, dieſe Schwächung bei der zu erhaltenden Anzeige auszugleichen; ſo daß es anſtatt Vortheil, vielmehr Nachtheil gewähren kann, an den Pol einer iſolirten Säule den Condenſator anzubringen. Ganz anders dagegen verhält es ſich, wenn bei Anbringung des Condenſators an einem Pole der andre mit dem Erdboden in Verbindung geſetzt wird; denn da die Ableitungsgröße, die der Condenſator darbietet, gegen die Ableitungsgröße des Erdbodens verſchwindet, ſo wird die Intenſität des Pols an dem der Condenſator angebracht iſt, jetzt doppelt ſo groß werden, als bei der iſolirten Säule ohne alle Ableitung und der Condenſator wird vermöge ſeiner ſammelnden Kraft jetzt dieſe El. in verſtärktem Grade anzeigen. Daher findet man in der That, daß der Condenſator bei kleinen ganz iſolirten Säulen gar keine Wirkung wahrnehmbar macht, während er bei Säulen von derſelben Anzahl Plattenpaaren, deren einer Pol aber nach dem Boden abgeleitet iſt, eine ſehr ſtarke Wirkung zu erkennen giebt.

Beſteht jedoch eine, an beiden Polen iſolirte, Säule aus einer ſehr großen Anzahl Plattenpaare, ſo kann der Condenſator allerdings verſtärkend wirken; weil hier, während er für die Platten, die nach dem einen Pole zu liegen, eine ſtarke Ableitung darbietet, die entgegengeſetzten Platten nach dem andern Pole zu durch die Menge der Platten ſelbſt eine große ableitende Oberfläche finden.

Ohm * hat dieſe Reſultate durch Verknüpfung mittelſt einer einfachen, aus ſeiner allg. Theorie abgeleiteten Formel, die man in der Anm. angeführt findet **, leichter zu überſehen gemacht. Jedoch ſchon ehe dieſe Theorie oder Formel bekannt war, hat Jäger (Gild. XIII. 401) auf dem Erfahrungswege ſehr vollſtändige Belege für die vorigen Sätze aufgefunden, die vordem als Räthſel in der Lehre vom Galvanismus daſtanden. Im Anhange zu dieſem Theile wird

---

* Theorie der galv. Kette S. 160.

** Es bezeichne R die Elektricitätscapacität der Collectorplatte, wenn ſie nicht im Condenſationszuſtande ſich befindet, m die Verſtärkungszahl des Condenſators alſo mR die Capacität der Collectorplatte im Condenſationszuſtande. Es ſtelle r die Capacität aller Elemente der Säule und aller mit ihnen in Verbindung gebrachten Ableitungsgroßen zuſammengenommen vor, s die Intenſität, welche die Platte, die an dem Condenſator getrennt werden ſoll, vor Verbindung mit derſelben beſitzt, s die Intenſität die der Condenſator durch Verbindung mit der Platte erlangt, und wodurch die Anzeige des Elektroſkops beſtimmt wird, ſo iſt

$$s = \frac{mrs'}{mR + r}$$

woraus folgt, daß der Condenſator die m-fache Kraft der Platte anzeigen wird, wenn r ſehr groß iſt in Verhältniß zu mR, daß er aber ſchwächend wirken werde, ſo wie r gleich iſt oder kleiner als R. Erſterer Fall tritt ein, wenn die Säule eine Ableitung nach dem Erdboden hat, oder wenn ihre Platten zuſammengenommen ſelbſt eine ſehr große Oberfläche darbieten; letzterer Fall tritt ein bei kleinen iſolirten Säulen.

man die vollſtändige Darlegung dieſer Reſultate finden, die wegen des Intereſſes, das ſie darbieten, von jedem geleſen zu werden verdienen.

So wie ſich ein Condenſator durch den Pol einer Säule laden läßt, deren Pol mit dem Erdboden in Verbindung ſteht, ſo kann man auch eine Leydner Flaſche oder Batterie dadurch laden, daß man den einen Pol der Säule mit einem Belege derſelben in Verbindung bringt, während zugleich der andre Pol der Säule und das andre Beleg der Flaſche mit dem Erdboden in Verbindung ſtehen *. Jedenfalls wird die Flaſche bis zu dem Grade der Intenſität geladen werden, daß die Repulſivkraft ihrer freien El. derjenigen das Gleichgewicht hält, welche in dem Pol der Säule vorhanden iſt, durch den ſie geladen wird.

Man kann ferner mit einer Säule ſchon von 50 Plattenpaaren, — je mehr jedoch ihrer ſind, um ſo ſtärker — die gewöhnliche elektriſche Anziehung ungleichartig geladner Körper nachweiſen, indem man feine Goldblättchen an Drähte, die mit den Polen der Säule in Verbindung ſtehen, befeſtigt, und einander nähert. Die Goldblättchen werden ſich zu einander hinbeugen und an einander hängen bleiben. Um Bewegungen durch die Luft zu verhüten, ſtellt man dieſen Verſuch am beſten ſo an, daß man die Goldblättchen parallel und nahe an einander an den Enden zweier Drähte herabhängen läßt, die durch die (durchbohrten) Wände eines gewöhnlichen Trinkglaſes (mittelſt Korkſtöpſeln, in denen ſie ſich verſchieben laſſen) einander gegenüber hindurchgeſteckt ſind, und die nach Außen hervorragenden Enden dieſer Drähte mit den Polen in metalliſche Verbindung ſetzt (Taf. VIII Fig. 11). Setzt man die Drähte mit den gleichartigen Polen zweier Säulen in Verbindung, ſo ſtoßen ſich umgekehrt die genäherten Goldblättchen ab **.

Man findet jederzeit, daß die Intenſität der El. am poſitiven Pole genau gleich iſt der Intenſität der El. am negativen Pole, inſofern beide Pole gleich gut iſolirt oder die Ableitungen für beide gleich ſind. Allerdings haben mehrere in dieſer Hinſicht Verſchiedenheiten bemerken wollen, der Grund davon aber lag darin, daß die Pole der von ihnen angewandten Säulen nicht wirklich genau gleich iſolirt waren. In der That hält es ſehr ſchwer, denjenigen Pol einer vertical aufgebauten Säule, welcher die Baſis derſelben ausmacht, eben ſo gut zu iſoliren, als den andern, welcher in die Luft ragt; denn aus den übereinſtimmenden Verſuchen der Phyſiker *** hat ſich ergeben, daß ſelbſt Glas, Harz und Siegellack minder gut

---

* Man kann auch die beiden Pole der Säule mit den entgegengeſetzten Belegen der Leydner Flaſche in Verbindung ſetzen; wo es dann gleichgültig iſt, ob dieſe iſolirt iſt oder nicht.

** Vergl. hiezu die Verſuche Ritter's in Gilb. VIII. 386.

*** Vgl. Biſchof's Zuſammenſtellung in Schweigg. J. XXXV. 262.

iſoliren, als trockene Luft; ja das bloße Glas beſchlägt ſo leicht mit Feuchtigkeit, daß eine blos auf Glas ruhende Säule öfters ſich wie eine, nach dem Erdboden vollkommen abgeleitete, verhält. Es iſt jedoch Biſchof geglückt, dadurch, daß er zu Trägern der Säule Abwechſelungen aus verſchiedenen Nichtleitern, wie Glas, Harz und Seide anwandte, wirklich eine eben ſo vollkommene Iſolation des untern, darauf ruhenden, Pols hervorzubringen, als des in die Luft ragenden, ſo daß er merklich gleich auf das Elektrometer wirkte, als der obere Pol *, und auch Ritter ** hat daſſelbe Ergebniß gefunden.

Mit dieſen Umſtänden des unvollkommnen Iſolirungsvermögens ſelbſt der beſten Nichtleiter ſcheint ein paradoxer Erfolg zuſammenzuhängen, der hier blos thatſächlich erwähnt werden mag, indem ich hinſichtlich der ſehr ausführlichen Erörterung der hiebei in Betracht kommenden Umſtände namentlich auf Biſchof's Abhandlung *** verweiſe.

Man errichte eine Säule von ſo viel Plattenpaaren, daß ſie, bei ableitender Berührung des einen Pols, mit dem andern ein Elektrometer auch ohne Anwendung des Condenſators bis zur deutlichen Anzeige zu laden vermag. Man ſtelle dieſe Säule auf einen Harzkuchen, und auf einen andern Harzkuchen daneben ſtelle man ein Elektroſkop †. So oft man nun den einen Pol der Säule ableitend berührt, wird zugleich das Elektroſkop eine Bewegung zeigen, und dieſe Bewegung wird auffallend ſtärker werden, wenn man zugleich mit dem Finger der andern Hand das Glas berühret, in welchem das Elektroſkop eingeſchloſſen iſt, oder wenn man von dem nicht berührten Pol eine Ableitung nach einem vom Elektrometer entfernten Orte des Erdbodens anbringt.

Hinſichtlich der Art von Elektricität, welche das Elektroſkop hiebei anzeigt, widerſprechen ſich die Angaben der Beobachter, und es iſt, nach der anerkannten Genauigkeit derſelben, nicht anders zu vermuthen, als daß die Unterſchiede in dieſem Bezug von verſchiedner Anordnung des Elektrometers gegen die Säule, verſchiedener Wahl der Träger und vielleicht ſelbſt verſchiedenem Feuchtigkeitszuſtande der Luft abhiengen, ſo daß bald die eine, bald die andre El. leichter ihren Weg zum Elektrometer finden konnte. Nach Erman nämlich zeigt das Elektrometer allemal die entgegengeſetzte El. des berührten Pols an, nach Biſchof, mit dem meine eignen

---

* Biſchof in Kaſtn. Arch. IV. 11.

** Gilb. VIII. 434.

*** Schweigg. J. XXXV. 251; vgl. auch Erman in Gilb. XI. 97 u. 163.

† Am beſten eignet ſich hiezu das Bohnenbergiſche Elektroſkop; doch wirkt ein anderes auf dieſelbe Art. Biſchof bekam ſich einer Säule von 120 Paaren, Erman einer noch größern. Mir halfen ſchon 40 Paare deutlich die oben beſchriebenen Erfolge ergeben. Man kann übrigens dergl. Erfolge eben ſo gut ohne Iſolation des Elektrometers erhalten.

Erfahrungen übereinſtimmen, die gleichartige El. des berührten Pols. Meine eignen Erfahrungen weichen aber wieder von denen Biſchof's darin ab, daß auch, wenn das Glas des Elektrometers zugleich mit einem Pole der Säule berührt wird, das Elektrometer die gleichartige El. des berührten Pols anzeigt, nach Biſchof aber in dieſem Fall die entgegengeſetzte. Dieſe ſcheinbaren Widerſprüche würden wahrſcheinlich verſchwinden, wenn man das Verhältniß, in welchem bei dieſen Verſuchen die verſchiedenen Nichtleiter die El. durch ſich hindurchzulaſſen vermögen, genau abzuwägen wüßte.

Daß in der That bei dieſen Verſuchen nicht ſowohl eine vertheilende Wirkung der Säule, als eine Mittheilung derſelben durch die unvollkommenen Nichtleiter Statt findet, erhellt aus folgendem Verſuche Biſchof's:

Er legte auf den Harzkuchen eines Elektrophors Glasplatten und darauf wieder Harzplatten u. ſ. w. und ſtellte auf dieſe Combination abwechſelnder Nichtleiter das Elektrometer. Wenn er jetzt den einen Pol der Säule ableitend berührte, ſo erfolgte keine Bewegung des Goldblattes, ſelbſt wenn er zugleich mit der andern Hand den Harzkuchen des Elektrophors berührte.

Auch findet man, wie ich mich ſelbſt überzeugt habe, daß unter ſolchen Verhältniſſen, wo bei ableitender Berührung eines Pols das Elektrometer die gleichartige El. zu erkennen giebt, doch vielmehr die entgegengeſetzte Anzeige erfolgt, wenn man zugleich den entgegengeſetzten Pol durch einen Metalldraht mit dem Glaſe des Elektrometers in Berührung bringt, wenn auch dieſer Draht ſo fein iſt, daß er keine merkliche vertheilende Wirkung zu äußern vermöchte.

Nicht ohne Nutzen wird es ſeyn, noch Einiges über die Verbindung mehrerer Säulen zu einer Einzigen hinzuzufügen. Geſetzt die Verbindung zweier Säulen geſchehe ſo, daß der negative iſolirte Pol der einen mit dem poſitiven iſolirten Pol der andern in Verbindung geſetzt würde, ſo erhellt leicht aus Betrachtung der Folge, in der ſie geſchichtet ſind, daß dann die eine Säule ſchlechthin als eine Fortſetzung der andern betrachtet werden kann *, daß mithin 2 gleiche Säulen durch ſolche Verbindungsart eigentlich einer einzigen Säule von doppelter Plattenzahl äquivalent werden. Von dieſem Umſtande kann man einen vortheilhaften Gebrauch machen, wenn es darauf ankommt, ſehr viele Plattenpaare zu combiniren, die es ſchwer, ja unmöglich halten würde, zu einer einzigen verticalen Säule aufzuthürmen. Man hat nämlich nur nöthig, aus dieſen

* Da bei metalliſcher Verbindung die Endplatten der verbundnen Pole nur überflüſſige Zwiſchenplatten werden würden, ſo kann man ſie vor der Verbindung weglaſſen. Es würden nämlich ſonſt an der Verbindungsſtelle 4 Metallplatten einander ſuccediren, von denen die mittelſten ohne Einfluß auf die Wirkung ſind. Verbindet man aber die beiden Pole durch einen feuchten Leiter, ſo findet dieſer Umſtand nicht Statt.

Platten 2, 3, 4 oder beliebig viele Säulen neben einander bis zu gleicher Höhe, aber in umgekehrter Ordnung auf möglichſt gut iſolirenden Trägern aufzubauen, ſo daß, wenn bei der einen Säule der poſitive Pol zu unterſt liegt, bei der nächſten der negative Pol zu unterſt zu liegen komme; worauf es leicht ſeyn wird, durch metallne Streifen oder Drähte, die von beliebigem Metall ſeyn können, die Verbindung der ſucceſſiven ungleichnamigen Pole zu bewerkſtelligen.

Verbindet man zwei Säulen nicht mit zwei der ungleichnamigen, ſondern mit zwei der gleichnamigen iſolirten Pole zu einer einzigen, ſo läßt ſich leicht aus dem Umſtande, daß ihre Schichtungen dann ſich in umgekehrter Ordnung ſucceδiren, folgern, daß die Spannung an den nicht verbundenen Endpolen der ſo combinirten Säule blos ſo groß ſeyn kann, wie ſie eine Säule geben würde, deren Plattenzahl gleich der Differenz der Plattenzahlen beider Säulen wäre, was auch die Erfahrung beſtätigt. Hiemit im Zuſammenhange erhellt, daß, wenn man in einer Säule von vielen Schichtungen ein oder ein Paar Plattenpaare in verkehrter Ordnung legt, ein Verſehen, was man leicht begehen kann, dies die Wirkung der Säule nicht völlig aufhebt, ſondern blos daß jedes verkehrte Plattenpaar ſo zu ſagen die Wirkung eines recht gelegten neutraliſirt, und entſprechend die Wirkung der ganzen Säule mindert.

Verbindet man anderſeits bei zwei nebeneinanderſtehenden gleichen Säulen nicht blos zwei der gleichnamigen Pole, ſondern zugleich auch die beiden andern, und betrachtet dann jede dieſer beiden Pol-Combinationen als einen Pol, ſo erhellt, daß man alsdann eigentlich die Anordnung einer Säule von der doppelten Plattengröße aber derſelben Plattenzahl als jede der einfachen Säulen erhält. Hiedurch erhält man ein, für gewiſſe ſpäter zu erörternde Wirkungen oft ſehr nützliches, Mittel, Säulen aus kleinen Platten, indem man mehrere derſelben durch Verbindung ihrer ſämmtlichen gleichartigen Pole combinirt, als großplattige wirken zu laſſen.

Wenn die gleichnamigen oder ungleichnamigen Pole der Säulen, die man mit einander in Verbindung ſetzt, nicht iſolirt ſind, ſondern mit dem Erdboden communiciren, ſo wird dadurch der Bezug beider Säulen hinſichtlich der elektroſkopiſchen Wirkungen vollkommen aufgehoben; keine Säule kann mehr zur Verſtärkung oder Schwächung der andern wirken, ſondern jede wirkt gerade ſo fort, als vorher, da ſie ohne die Gegenwart der andern mit dem Boden in Verbindung war, oder als ob die andre Säule blos als ein Theil zu der an ſich ſchon unendlichen Ableitungsgröße der Erde hinzuträte. Dies Reſultat ergiebt ſich theils theoretiſch nach derſelben Herleitung, nach der wir die Wirkung der Säule überhaupt erklärt haben; theils findet es ſich vollkommen durch die Erfahrung beſtätigt. Eine Folgerung daraus iſt, daß, wenn wir an einer, an beiden Polen iſolirten, Säule eine Ableitung nach dem Erdbo-

den irgendwo in der Mitte anbringen, dadurch dieſe Säule im Grunde in zwei Säulen getheilt wird, die an dem abgeleiteten Puncte zuſammenſtoßen, deren jede aber ſich gerade ſo verhält, als wenn die jenſeits der abgeleiteten Puncte hinaus liegenden Plattenpaare der andern Säule nicht vorhanden wären. Der abgeleitete Punct ſelbſt iſt ſonach null elektriſch und von da nehmen in jeder Säule die Elektricitäten nach den Polen auf die für eine einfache Säule erörterte Weiſe zu; daher allemal derjenige Pol die ſtärkere El. hat, von welchem die Ableitung entfernter iſt, weil er eigentlich einer Säule von mehr Plattenpaaren angehört.

Setzt man zwei Säulen mit den gleichnamigen Polen in Verbindung, und bringt zugleich an der Verbindungsſtelle eine Ableitung nach dem Erdboden an, ſo erhält man hiedurch ſcheinbar eine Säule, deren Pole gleichnamige El. zeigen. Allein erörterter Maßen iſt eine ſolche Säule nur als eine Zuſammenſetzung aus zweien, die außer Beziehung mit einander ſtehen, zu betrachten.

Bei allen vorigen elektroſkopiſchen Verſuchen mit der Säule kam die gebundene El., welche an den Berührungsflächen der Platten condenſirt iſt, gar nicht in Betracht, da die Platten ſtets ungetrennt bleiben. Es eignet ſich jedoch die Säule ganz vorzüglich, eine Vergleichung der gebundnen El. mit der gleichförmig ſich verbreitenden anzuſtellen, mittelſt gewiſſer von mir angeſtellten Verſuche, die ich jetzt folgen laſſen will.

Man errichte mit Waſſer eine Säule von 20 bis 25 Plattenpaaren von Guldengröße, in der Anordnung

Zink
Kupfer
Feuchter Leiter
Zink
Kupfer u. ſ. w.

ſo daß eine Zinkplatte, welche fein und gleichförmig abgefeilt oder abgeſchliffen ſeyn muß, den obern Pol der Säule bildet. Ihren untern oder Kupferpol ſetze man durch eine Metallkette mit dem Boden in Verbindung. Man berühre die obere iſolirte Zinkplatte wiederholt mit der Ecke einer eben ſo großen iſolirt gehaltenen Kupferplatte, deren dabei erlangte El. man jedesmal an ein condenſirendes Elektroſkop überträgt. Hiebei iſt die El., die das Kupfer durch Berührung mit dem Zink annimmt, wegen der kleinen Berührungsgröße als unmerklich außer Acht zu laſſen, und die Kupferplatte wird ſonach blos vermöge der El., die vom Zinkpol auf ſie übergeht, geladen erſcheinen können. In der That giebt das Elektroſkop nach einigemal wiederholten Uebertragungen poſitive El. zu erkennen.

Die Intenſität dieſer vom poſitiven Pol auf die Kupferplatte übergehenden El. iſt jedoch weit geringer als die Intenſität der negativen El., welche auf der Berührungsfläche des Kupfers mit

dem Zink condensirt und nach der Entfernung davon frei wird; und bloß die geringe Quantität dieser condensirten El. bewirkte bei vorigem Versuche das Uebergewicht der positiven El. des Pols. In der That man wiederhole jetzt den vorigen Versuch so, daß man den Zinkpol, anstatt ihn blos mit einer Ecke der Kupferplatte zu berühren, mit der ganzen Fläche derselben berührt. Nach einigemal wiederholter Uebertragung wird jetzt das Elektroskop starke negative El. zu erkennen geben. Hienach muß es einen mittlern Grad der Berührungsgröße geben, wo beide Elektricitäten sich vollkommen compensiren und selbst nach wiederholter Uebertragung an das Elektroskop dieses gar keine El. empfängt. Wirklich bestätigt dieß die Erfahrung.

Unstreitig wird bei einer größern Anzahl von Plattenpaaren die Intensität des Pols so stark, um unter keinen Umständen mehr das Uebergewicht der condensirten El. zuzulassen. Ich habe jedoch vernachlässigt, den Versuch so weit auszudehnen.

Cap. VI.

Von der trocknen oder Zamboni'schen Säule und dem Behrens'schen oder Bohnenberger'schen Elektrometer *.

Die Säulen, welche auf gewöhnliche Art, durch Schichtung von Metallscheiben mit Flüssigkeiten, erbaut werden, verlieren immer in längerer oder kürzerer Zeit ihre Wirksamkeit vermöge chemischer Aenderungen, welche die Metallplatten in ihnen erfahren; ein Umstand, der noch weiterhin näher betrachtet werden wird.

Man kann jedoch auch Säulen errichten, welche alle elektroskopischen Wirkungen der vorigen in ziemlich ungeschwächtem Zustande Jahre hindurch zeigen, wenn man als Zwischenleiter einen, nur wenig Feuchtigkeit darbietenden, Halbleiter, wie Papier im lufttrocknen Zustand oder andere etwas hygroskopische Körper wählt; Säulen, die sich jedoch nicht wohl zur Hervorbringung der eigenthümlichen Wirkungen der geschlossenen Säulen, von denen später die Rede seyn wird, eignen ** und deßhalb nur in einem beschränkten Umfange

---

* Zur Literatur über diesen Gegenstand vergleiche außer dem in diesem Bezug sehr reichhaltigen allg. Register zu Gilb. Ann. S. 206 folgende Schr. und Abhandlungen: B. Pelin Versuche und Beobachtungen zur nähern Kenntniß der Zambonischen trockenen Säule. München. 1820. — Singer in s. Elektricitätslehre S. 286. 487. — Schübler in Schweigg. J. VII. 479. XV. 127. XVI. 111. — Heinrich, Schweigger, Grindel, Sömmerring in Schweigg. XV. 113. 132. 479. 493. — Vergl. auch Schweigg. J. X. 129. XI. 16. XV. 273. — Ritter in s. phys. chem. Abhandlung. II. 273. — Ampère's Bericht in Ann. de Ch. et de Ph. XXIX. 198.

** Doch geht ihnen das Vermögen hiezu nicht absolut ab, nur erfodert es außerordentlich starke Apparate, um solche mit ihnen hervorzubringen. In der That erhielt Bohnenberger mit einer Säule aus 1800 Doppelblättern, von

ihre Anwendung finden. Man pflegt dergleichen Säulen mit dem Namen der trocknen oder Zamboniſchen zu belegen, wiewohl ſchon vor Zamboni, der ſich viel mit ihnen beſchäftigte, ähnliche Einrichtungen verſucht worden waren, und wiewohl eigentlich genommen, die Säulen ſelbſt keine ganz trocknen ſind.

Die einfachſte Art, ſolche Säulen einzurichten, beſteht darin, daß man Scheiben aus unächtem Gold- und Silberpapier ſchneidet * und dieſe ſo übereinander ſchichtet, daß allemal eine Silberfläche einer Goldfläche gegenüber liegt; und dann die Scheiben durch einen gehörigen Druck, gewöhnlich, indem man ſie mittelſt überfirnißter Seidenfäden zuſammenſchnürt, in innige Berührung mit einander bringt. Oft findet man es zweckmäßig, ſie in eine luftdicht zu verkittende Glasröhre einzuſchließen, die an ihren Enden mit metallenen Kappen verſchloſſen wird, welche mit den Polplatten der Säule in Verbindung ſtehen, und von welchen Drähte oder Platten ausgehen, auf die die Elektricität der Pole übergeht und ſo nach Außen wirken kann. — Will man recht merkliche Wirkungen erhalten, ſo muß man wenigſtens 800 bis 1000 Scheibenpaare zu einer ſolchen Säule anwenden, die man übrigens nicht groß zu nehmen nöthig hat **.

Mittelſt ſolcher Säulen hat man alle elektroſkopiſche Wirkungen, von denen im vorigen Capitel in Bezug auf die Volta'ſche Säule die Rede war, mit ganz gleichen Reſultaten wiederholt; daher wir hier nicht ausführlich darauf zurückkommen; ſondern blos von einigen Beſonderheiten und Anwendungen derſelben handeln werden.

Bohnenberger hat beobachtet, daß während die Größe der Scheiben auf die Größe der endlichen Ladung, die eine, an einem Pole mit dem Boden in Verbindung ſtehende, Säule dem Elektro-

---

denen jedes viereckige Blatt 6 Zoll lang und 6 Zoll breit war, eine eben ſo ſtarke Gasentbindung, als mit einer Säule von ungefähr 60 bis 100 zweizölligen Doppelſcheiben. Dieſe Säule gab auch Schläge. (Gilb. LIII. 353). Ebersbach, der 4 Säulen, jede zu 3000 Scheiben von 3½ Quadratzollen zu einer Säule verband, erhielt ebenfalls chemiſche Wirkungen, Funken und Schläge. (Gilb. LI. 187). Singer durchbohrte durch den Schlag einer Säule von 20000 Folgen dickes Zeichenpapier und ſchmolz Platindraht von $\frac{1}{2000}$ Zoll Durchmeſſer. (Singer El. 287).

* Zamboni baute Säulen aus Silberpapier, welches auf der Rückſeite mit einer Auflöſung von ſchwefelſ. Zink in Waſſer genäßt, dann getrocknet wurde, und über welches eingetrocknete Salz dann gepulverter und wohlgetrockneter ſchwarzer Braunſtein eingerieben wurde. — Biot errichtete Säulen aus Kupfer und Zink mit dazwiſchen gelegten Scheiben aus geſchmolzenem Salzpeter; Hachette ſchied die Platten durch eine Schicht mit Kochſalz vermengten Mehlkleiſters, der an der Luft trocknete; Ritter erbaute Säulen aus Zink, Kupfer und luftrecknem Schaafleder; — Watkins (Pogg. Ann. XIV. 386) hat neuerdings ſogar die Zwiſchenleiter durch Luftſchichten erſetzt u. ſ. w. — Alle dieſe Einrichtungen ſind jedoch praktiſch minder vortheilhaft als die oben angegebenen.

** Es iſt vortheilhaft, die Scheiben vor dem Aufbauen in der Ofenwärme zu trocknen.

meter ertheilt, ohne Einfluß iſt *, doch die Zeit, in welcher das Elektrometer ſeine volle Ladung dadurch erhält, oder in welcher eine Leydner Flaſche dadurch bis zum Maximum geladen wird **, ſehr abhängig von der Größe der Scheiben iſt, indem die Ladung immer verhältnißmäßig um ſo ſchneller vollendet iſt, je größer die Scheiben ſind ***. Dieſes Reſultat beruht mit großer Wahrſcheinlichkeit darauf, daß, je größer die Oberfläche des Elektrometers oder die Capacität der Leydner Flaſche in Verhältniß zu den Scheiben iſt, um ſo mehr werden ſie im erſten Augenblicke, wo ſie an den Polſcheiben angebracht werden, deren Intenſität ſchwächen müſſen; und um ſo längere Zeit wird es auch erfodern, ehe dieſer Verluſt durch Zuleitung aus den übrigen Gliedern der Säule wieder ſo weit erſetzt werden kann, daß nun die Polſcheibe und der daran angebrachte Apparat auf die Intenſität kommen, die ihnen im Zuſtande des Gleichgewichts unter den obwaltenden Umſtänden zukommen muß.

Bei der Volta'ſchen Säule bemerkt man allerdings nichts von einem ſolchen Unterſchiede in der Zeit der Ladung je nach der Größe der angewandten Plattenpaare; es iſt jedoch nach der Analogie wahrſcheinlich, daß auch hier ein ſolcher Statt findet, und nur darum nicht in die Beobachtung fällt, weil hier die Ladung, ſowohl beim Elektrometer als der Leydner Flaſche jedenfalls ſo ſchnell geſchieht, daß ſie uns in einem Augenblicke vollendet ſcheint †.

In der That bemerkt man bei den Zamboniſchen Säulen ſelbſt, daß außer der Größe der Platten auch die Leitungsgüte des Zwiſchenleiters von Einfluß auf die Zeit der Ladung iſt, indem man z. B. beobachtet hat, daß die Geſchwindigkeit der Ladung durch ſolche Säulen, deren Elektrometore durch Papier von einander getrennt ſind, welches blos mit thier. Leim beſtrichen oder damit getränkt iſt, durch das Austrocknen in der Wärme vermindert und durch die Feuchtigkeit vergrößert wird; und unſtreitig giebt es ſolchergeſtalt unmerkliche Uebergänge von Zamboniſchen in Volta'ſche Säulen.

---

* Verſchiedene Säulen von 2000 Scheibenpaaren, in denen der Durchmeſſer der Scheiben von 4 Linien bis 34 Quadratzoll variirte, wirkten gleich auf das Elektrometer.

** Hier ſind die Unterſchiede noch auffallender.

*** Man bemerkt hiebei, daß die Divergenz des Elektrometers oder Ladung der Flaſche jedenfalls Anfangs geſchwind zunimmt, aber im Allgemeinen deſto langſamer wächſt, je mehr ſie ſich dem Maximum nähert, wobei jedoch der veränderliche Zuſtand der Atmoſphäre öfters Modificationen hervorbringt. (Vergl. über dieſe Umſtände Behnenberger in Gilb. Ann. LIII. 346. — Parrot ibid. LV. 202 ff. — Ritter in ſ. phyſ. chem. Abhandl. II. 273). — Ritter bemerkt, eine Säule aus 600 Schichtungen Zink, Kupfer und dem Anſehen nach trocknem weißen Schaafleder habe eine Leydner Flaſche ſo wie ein Elektrometer zu demſelben Grade geladen, als eine Säule aus gleich viel Schichtungen Zink, Kupfer und Waſſer oder Kochſalzauflöſung, nur viel langſamer.

† Parrot will indeß wirklich der Ladung einer Leydner Flaſche durch die Volta'ſche Säule das Erforderniß einer gewiſſen kleinen Zeit zu ihrer Vollendung bemerkt haben (Gilb. LV. 206).

Man hat viel darüber gestritten, ob die Wirksamkeit der Zamboniſchen Säulen wirklich von der Leitungskraft des Papiers oder der ſonſtigen Zwiſchenkörper vermöge der darin enthaltenen Feuchtigkeit abhänge, wie nach unſrer bisherigen Theorie vorausgeſetzt ward. Was dieſe Anſicht ſehr zu unterſtützen ſcheint, iſt, daß, wenn man eine gewöhnliche Zamboniſche Säule gänzlich oder nur mäßig durch Wärme austrocknet, ſie dann, auf gewöhnliche Temperatur herabgekommen, ſo lange keine Elektricität am Elektrometer zu erkennen giebt, bis ſie wieder Zeit gefunden hat, Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen *. Allein was ſehr bemerkenswerth iſt, und nicht als ein Fall, der unter die vorige Theorie gehört, angeſehen werden kann, iſt der Umſtand, daß eine ſolche vollkommen ausgetrocknete Säule, in dem Maße als ſie weiter erwärmt wird, wieder Wirkſamkeit erhält, ſo daß ſie bei 70° bis 75° C. ſogar ſtärker als die nicht ausgetrocknete Säule bei gewöhnlicher Temperatur auf das Elektrometer wirkt **. Da nun das Papier durch Austrocknung zum Nichtleiter wird, ſo kann begreiflich hier nicht mehr von einer Ueberleitung durch daſſelbe von einem Scheibenpaare zum andern die Rede ſeyn. Eben ſo hat man auch andre, auf das Elektrometer wirkſame, Säulen errichtet, worin die Zwiſchenlagen zwiſchen den Elektrometoren aus vollkommnen, erwärmten oder nicht erwärmten, Nichtleitern beſtanden ***, und es fragt ſich, wie hier die Wirkſamkeit zu erklären ſey.

Wiewohl wir geſtehen müſſen, daß das Dunkel über dieſen Gegenſtand noch nicht völlig gehoben iſt, ſo ſcheint uns doch am wahrſcheinlichſten folgende Anſicht zu ſeyn, auf welche mehrere die Theorie aller verſtärkten galvaniſchen Erſcheinungen überhaupt haben gründen wollen †.

Wenn zwiſchen zwei Elektrometoren einer Säule ein dünner Nichtleiter befindlich iſt, ſo daß die Elektricität nicht mehr von einer Platte zur andern direct übergehen kann, ſo wirkt ſie mittelſt Vertheilung durch dieſen Nichtleiter hindurch, und bewirkt ſo in dem nächſten Plattenpaare eine, ihrer eignen Stärke proportionale, Zerſetzung der entgegengeſetzten Elektricitäten, die ſich nun zu denen hin-

---

* Vergl. Parrot in Gilb. LV. 175; Jäger ibid. LXII. 229.

** Jäger in Gilb. LXII. 232.

*** Hieher gehört Jägers Säule aus Kupfer- und Zinkſcheiben, auf Einer Fläche mit einer dünnen Lage Lackfirniß überzogen und ausgetrocknet (Gilb. XLIX. 48. L. 214. LII. 81); Bohnenbergers Säule aus Zink und Kupfer mit zwiſchenliegendem Wachstaffet, der mit gekochtem Leinöl oder Lackfirniß überſtrichen wurde, und welcher in der Kälte den Condenſator langſam, erhitzt aber durch augenblickliche Berührung lud (Gilb. LIII. 358); Behrens Elektrometer aus einem heißen, mit Kupfer und Zink belegten, Feuerſteine (Gilb. XXIII. 2).

† Die dies thun, nehmen nämlich an, daß ſelbſt die am beſten leitenden Flüſſigkeiten für die Grade der Elektricität, welche durch Berührung heterogener Metalle erregt werden, als Nichtleiter wirkten.

zuaddiren, welche das Plattenpaar vermöge ſeiner eignen elektromotoriſchen Wirkung erweckt.

Je mehr ſolcher Schichtungen vorhanden ſind, um ſo mehr kann ſich ſolchergeſtalt die El. verſtärken, indem z. B. das Plattenpaar, in dem die Wirkung nach voriger Darſtellung ſich verdoppelt hätte, nun auch doppelt ſo ſtark vertheilend auf das nächſte wirkt u. ſ. w.

Es leuchtet ein, daß ſolchergeſtalt die Wirkung der ganz trocknen erwärmten Zamboniſchen Säulen von einem ganz andern Prinzip abhängig gemacht wird, als die der gewöhnlichen lufttrocknen Zamboniſchen Säulen. In der That ſcheint aber auch der Umſtand, daß die Wirkſamkeit der erſtern durch alles befördert wird, was die Leitungsgüte des Papiers erhöht; die der letzten dagegen, nachdem ein Zwiſchenpunct keiner Wirkung Statt gefunden hat, durch Beförderung des Nichtleitungsvermögens zuzunehmen ſcheint, dafür zu ſprechen, daß für beide nicht dieſelbe Erklärung in Anwendung gezogen werden darf. Uebrigens darf doch nicht außer Acht gelaſſen werden, daß einer merklichen vertheilenden Wirkung durch einen auch ſehr dünnen Nichtleiter hindurch die große Schwäche der Berührungselektricität entgegenzuſtehen ſcheint; ein Umſtand, der wohl von denjenigen, die dieſe Erklärung vorzüglich in Gang zu bringen bemüht geweſen ſind, erläutert zu werden verdient hätte. In der That müſſen wir, ſo lange über dieſen Punct noch keine genauen Beſtimmungen vorhanden oder möglich ſind, auch die angegebene Erklärung noch als ungewiß betrachten.

Wie dem auch ſey, ſo wollen wir jetzt zur gewöhnlichen Zamboniſchen Säule zurückkehren, auf welche die allgemeine Theorie, die wir von der Verſtärkung in der Volta'ſchen Säule gegeben haben, anwendbar iſt.

Man hat bemerkt, daß Veränderungen in der Temperatur und dem Feuchtigkeitszuſtande der Luft, in welcher ſich die Zamboniſchen Säulen befinden, von ſehr bedeutendem Einfluß auf ihre Wirkſamkeit ſind, die ſonach mit der Witterung ſehr veränderlich iſt. Es muß hiebei in Obacht genommen werden, daß die Luftfeuchtigkeit eine doppelte entgegengeſetzte Wirkung darauf ausübt, wovon nach Beſchaffenheit der Umſtände bald der begünſtigende bald der ſchwächende Einfluß überwiegen kann. Begünſtigend wirkt die Feuchtigkeit der Luft in ſofern, als ſie von den hygroſkopiſchen Zwiſchenleitern in der Säule angezogen wird, und dadurch die ſchnelle Leitung in der Säule verſtärkt; ſchwächend hingegen in ſo fern, als ſie von Außen der Säule die Elektricität, in dem Maße, als ſie darin frei wird, durch Ableitung zu entziehen ſtrebt. Parrot hat dieſen doppelten Einfluß der Feuchtigkeit in der Atmoſphäre beſtätigt gefunden *.

Von ſelbſt erhellt jedenfalls hieraus, daß die Zamboniſche Säule ganz untauglich ſey, ein atmoſphäriſches Elektroſkop abzugeben, wozu

* Gilb. LV. 174. 186.

ſie de Luc angewandt wiſſen wollte *. Dagegen hat die Zamboniſche Säule einige andre intereſſante und ſelbſt wichtige Anwendungen erfahren, von denen wir jetzt handeln wollen.

Nicht nur bietet die Zamboniſche Säule das bequemſte Mittel dar, zu zeigen, daß die Berührungselektricität hinſichtlich der Anziehungen und Abſtoßungen, die ſie hervorzubringen vermag, gänzlich übereinkommt mit der Reibungselektricität; wozu es nur hinreicht, die gewöhnlichen Verſuche hierüber mit Elektrometern, die man durch die Pole der Säule ladet, anzuſtellen; ſondern man kann auch hierauf ein ſogenanntes elektriſches Perpetuum mobile gründen. Eine ſehr einfache Vorrichtung hiezu iſt auf Taf. VIII. Fig. 12 abgebildet. Sie beſteht in zwei Zamboniſchen Säulen, deren ungleichnamige, nach unten gekehrte, Pole A und B in Glöckchen ausgehen, während die obern Pole metalliſch durch einen Querſtab verbunden ſind, ſo daß im Grunde beide Säulen nur Eine bilden; an dem Querſtabe hängt an einem Faden von roher Seide ein leichtes Kügelchen zwiſchen den Glocken herab, welches abwechſelnd von dem einen und dem andern Pole, auf ähnliche Art als Th. II. S. 283, angezogen ein continuirliches Glockenſpiel hervorbringt **. Iſt dieſe Säule hinreichend ſtark, ſo bemerkt man beim Anſchlagen im Dunklen Funken. Die Schnelligkeit der Pendelſchläge ändert ſich mit der Witterung.

Eine andre Anwendung von der Zamboniſchen Säule hat Rouſſeau zur Vergleichung des Leitungsvermögens verſchiedener Flüſſigkeiten gemacht ***. Zu dieſem Zweck wird eine Zamboniſche verticale Säule mit ihrem untern Pole mit dem Erdboden in Verbindung geſetzt, während ihr oberer Pol durch einen Metalldraht mit einem iſolirten verticalen Stift communicirt, auf welchem eine horizontale ſchwach magnetiſirte Stahlnadel ſchwebt †, welche, wie wir als bekannt vorausſetzen dürfen, ſich ſelbſt überlaſſen, immer eine ziemlich nach Norden gekehrte fixe Lage annimmt. In der nämlichen Höhe mit der Nadel und einer Entfernung vom Stift, welche faſt der halben Länge der Nadel gleich iſt, findet ſich eine, ebenfalls mit dem obern Pol der Säule in leitender Gemeinſchaft ſtehende, übrigens iſolirte, Metallkugel, oder ein dergleichen Scheibchen, welches ſo an-

---

* Gilb. XLIX. 100. — Widerlegung von Schübler in Schweigg. J. VII. 479.

** Künſtlichere Vorrichtungen ſ. Gilb. LIII. 337. LVIII. 342. LX. 199. — Singers Zt. S. 493. — Kurze Erläuterung des Zamboniſchen immerwährenden Elektrometers von dem Ritter Azzolini u. ſ. w. mit einem Steindrucke. München. 1814. 8. — Bunſenzeiger hat eine Uhr, die durch das el. Pendel in Bewegung geſetzt wird, mit der Zamboniſchen Säule verbunden. (Gilb. LI. 467).

*** Ann. de Ch. et de Ph. XXV. 373. — Abbild. des Apparats in Journ. de pharm. X. 216.

† Man könnte ſich auch einer nicht magnetiſchen Metallnadel bedienen; doch gewährt die magnetiſche den Vortheil, immer von ſelbſt zur nämlichen Lage zurückzukehren.

gebracht iſt, daß es gerade vor dem einen Ende der Nadel ſteht. Da ſich nun die Elektricität des obern Pols ſowohl in das Scheibchen als in die Nadel verbreitet, ſo muß hiedurch eine Abſtoßung entſtehen, welche die Nadel von dem Scheibchen abzulenken ſtrebt. Und in der That wird die Nadel, nach Vollbringung einiger Oscillationen, zuletzt unter einem fixen Ablenkungswinkel von dem Scheibchen ſtehen bleiben, welcher, wenn die Verſuche ſchnell genug hinter einander angeſtellt werden, daß Veränderungen im Zuſtande der Luft die Wirkſamkeit der Säule nicht abändern, ſtets der nämliche für die nämliche Säule bleibt. Allein die Zeit, in welcher das Maximum dieſes Ablenkungswinkels erreicht wird, iſt größer oder kleiner, je nachdem man auf dem Wege, den die Elektricität von der Säule bis zur Nadel und dem Scheibchen zu durchlaufen hat, Flüſſigkeiten von ſchlechterm oder beſſern Leitungsvermögen zwiſchen einbringt, und durch Vergleichung dieſer Zeiten für verſchiedene Flüſſigkeiten laſſen ſich ſonach größere und kleinere Differenzen ihres Leitungsvermögens beſtimmen; nur muß man die Vorſicht beobachten, die Dike der zu durchlaufenden Schicht der flüſſigen Körper immer gleich einzurichten, was man dadurch erlangen kann, daß man ſie in ein metallnes Schälchen thut, deſſen Boden mit der Nadel ſowohl als dem Schälchen communicirt, und nun in die Flüſſigkeit den Verbindungsdraht von der Säule ſtets bis zu derſelben Tiefe einſenkt *. — Rouſſeau fand mittelſt dieſes Apparats, dem man den Namen Diagometer (Leitungsmeſſer) gegeben hat, u. a. das bemerkenswerthe Reſultat, daß das Olivenöl ein ohne Vergleich geringeres Leitungsvermögen, als die meiſten andern Oele beſitzt. Denn während bei ihm eine Zeit von 40 Minuten erfoderlich war, um einen gewiſſen Ablenkungswinkel hervorzubringen, waren bei Bucheckern- oder Mohnöl nur 27 Secunden zu derſelben erfoderlich. Wurde dem Olivenöl blos $\frac{1}{10}$ eines andern Oels beigemiſcht, ſo reducirte ſich die Zeit von 40 Minuten auf 10 Minuten. — Eben ſo fand Rouſſeau, daß das Olein weit beſſer als das Stearin, die thieriſchen Oele beſſer als die feſten thieriſchen Fette leiten u. ſ. w. Auch hat er mittelſt dieſes Apparats Unterſchiede im Leitungs- oder Iſolirungsvermögen des Harzes, Gummilacks, Schwefels, der Seide, des Glaſes u. ſ. w. gefunden; indem, wie leicht erhellt, dieſer Apparat

---

* Man ſehe einen ſolchen Apparat auf Taf. VIII. Fig. 13 dargeſtellt. p iſt die Zambonniſche Säule, h das Schälchen, fm der Verbindungsdraht, der von der Säule in das Schälchen taucht, gnvik ein, bei g ſcheibenförmig geſtalteter, metalliſcher Leiter, welcher die El. vom Boden des Schälchens einerſeits zur Spitze kl, andererſeits zum Schälchen d fortpflanzt, welches mit der Magnetnadel auf ganz kleine Weite gegenüber befindet. Der Apparat ſteht auf einem Kuchen von Harz oder Gummilack GG und iſt mit einer Glocke HH bedeckt. Die nahe Säule ſteht ebenfalls auf einem Harzkuchen, und im Augenblick des Verſuchs läßt man einen ihrer Pole mit dem Erdboden in Verbindung. Der Verbindungsdraht fm iſt mit Gummilack überzogen und endigt ſich bei m in eine kleine Platinkugel.

auch für feste Substanzen angewendet werden kann. Vergessen darf man jedenfalls nicht, daß dieses Instrument blos zur Bestimmung von größern oder kleinern Differenzen im Leitungsvermögen dienen kann; daß uns aber nichts berechtigt, vielmehr es nach Allem höchst unwahrscheinlich ist, daß die Leitungsvermögen der verschiedenen Körper den beobachteten Zeiten genau umgekehrt proportional seyen *.

Weit wichtiger jedoch noch, als die vorige Anwendung ist diejenige, zu der wir uns jetzt wenden, indem sie uns das empfindlichste Elektrometer gewähret, das wir überhaupt kennen. Behrens war der erste, der diese Anwendung machte; nach der Verbesserung von Bohnenberger jedoch führt dieses Elektrometer gewöhnlicher den Namen des Bohnenbergerschen, und noch später ist es zweckmäßig von Becquerel abgeändert worden **. Am vortheilhaftesten scheint mir folgende Einrichtung desselben zu seyn, welche ihren wesentlichen Theilen nach in Taf. VIII. Fig. 14 vorgestellt ist.

Eine Zambonische, aus 800 bis 1000 Plattenpaaren bestehende, Säule, mit gefirnißten Seidenfäden zusammengeschnürt, wird in einer Glasröhre A luftdicht auf, die S. 50 erwähnte Art eingeschlossen, und die Drähte d, e, welche von den, mit den Polen der Säule inwendig in Verbindung stehenden ***, Messingkappen B, C ausgehen, nach einwärts über die horizontalliegende Säule gegen einander gebogen. An den Enden dieser Drähte sind die etwa zolllangen Metallplättchen f und g (Polplatten) befestigt, zwischen denen ein Streifen Goldblatt h herabreicht, den man mit der untern Platte eines Condensators D communiciren lassen oder auch blos an einem Metallknopf befestigen kann †.

---

* In der That ist der Widerstand, den der geprüfte Körper der Leitung entgegensetzt, blos ein Bruchtheil des Gesammtwiderstandes, den das ganze System aus der Säule und dem damit verbundenen Apparat entgegensetzt, wovon der größte Theil constant bleibt. Von diesem Gesammtwiderstande aber hängt unstreitig die Zeit der Ladung ab. Ueberdieß nimmt die Ladung nicht in gleichen Zeiten um gleich viel zu, wie aus dem auf S. 51 Anm. Angeführten erhellt.

** Statt zweier verticaler Säulen wandte er nämlich zuerst Eine horizontale mit verticalen Polplatten an, zwischen denen ihrer ganzen Länge nach das Goldblatt herabreicht. Ich halte die oben zu beschreibende Einrichtung, bei welcher sich die Elektricität blos in dem untersten, den längsten Hebelarm darbietenden, Theile des Goldblatts concentriren muß, für vortheilhafter, und mein so construirtes Elektrometer leistet in der That Alles, was ich wünschen kann.

*** Die Verbindung der Messingkappen mit den Endscheiben der Säule wird am besten mittelst Schrauben bewerkstelligt, welche durch die Kappen hindurchgehen und auf die Endscheiben drücken.

† FF ist ein hölzerner Kasten, oben mit einem Spalt zum Durchgange für die Polplatten f und g versehen; FF eine auf dem Kasten ruhende Glasglocke, welche den Condensator trägt, und das Goldblatt vor Bewegung durch die Luft schützt. Sowohl die Drähte an den Kappen, als die Polplatten an den Drähten sind in Charnieren beweglich, um sie beliebig stellen und so die Empfindlichkeit des Instruments erhöhen oder schwächen zu können.

Wie leicht zu erachten nun, wird das Goldblatt, wenn es genau in der Mitte zwiſchen beiden Polplatten ſchwebt, im Gleichgewicht zwiſchen beiden bleiben *, ſo lange es ſich im natürlichen Zuſtande befindet. Führt man aber dem Goldblatt eine gewiſſe Art El. zu oder erregt ſie durch Vertheilung in ihm, ſo wird es nun ſofort von demjenigen Pole angezogen werden, der mit ihm die ungleichartige El. hat und ſich zu ihm hinbewegen, während zugleich die Abſtoßung der ungleichartigen El. des andern Pols dieſe Wirkung unterſtützt. Auf ſolche Art erkennt man mit dem Vorhandenſeyn zugleich die Beſchaffenheit der zugeführten Elektricität.

Als Uebelſtände bei dieſem Inſtrumente darf man jedoch nicht zu erwähnen vergeſſen, daß es noch weniger als irgend ein anderes Elektroſkop zu einer beſtimmten Vergleichung der Stärke der elektriſchen Anzeigen dienen kann, da hier blos die größere oder geringere Lebhaftigkeit der Bewegung des Goldblatts zum Führer dienen kann; ferner daß es, wenn man die Entfernung des Goldblatts von den Polplatten nicht gehörig abmißt, leicht täuſchende Anzeigen geben kann; herrührend von der überwiegenden Anziehung des einen Pols. Doch laſſen ſich letztere durch ein ſorgfältiges Verfahren und gehörige Controlle und Wiederholung der Verſuche vermeiden.

Siebentes Capitel.

Zweigliedrige Säulen.

Die Phänomene der zweigliedrigen Säulen laſſen ſich zwar bis jetzt noch nicht mit Sicherheit aus bekannten Prinzipien ableiten, doch ſchließen ſie ſich eines Theils zu nahe an die, im vorigen Capitel betrachteten (dreigliedrigen), trocknen Säulen an, theils bieten ſie an ſich zu intereſſante Erſcheinungen dar, als daß wir ihnen hier nicht eine beſondere Betrachtung widmen ſollten, die ſich jedoch blos auf das Thatſächliche derſelben beſchränken wird.

Die erſten Beobachtungen über ſolche Säulen rühren von Zamboni her **.

Er ſetzte eine Säule aus 20 kleinen Vierecken von bloßem Silberpapier zuſammen, ſo daß die Metallflächen alle nach Unten gekehrt waren und berührte das obere Ende der Säule mit der Collectorplatte eines guten Condenſators, während das untere Ende der Säule mit dem Fußboden in Verbindung war. Es zeigte ſich nach

---

* Nähern man die Polplatten dem Goldblatt zu ſehr, ſo erfolgt, da ſich der Gleichgewichtspunct nicht leicht genau treffen läßt, ein beſtändiges Oscilliren des Goldblatts von einer Platte zur andern, und es ſtellt dann ein ähnliches Pendel dar, als oben beſchrieben wurde.

** Gilb. LX. 162.

etwa ½ Minute Zeit am Elektrometer eine Divergenz (durch poſitive El.) von etwa ½ Zoll, und dieſe nahm zu, je mehr Scheiben hinzugefügt wurden.

Zamboni fand jedoch das elektriſche Verhalten dieſer Säule ſehr wechſelnd. Eine ſolche Säule, die am Morgen ſehr kräftig gelungen war, ſah er auf einmal Abends unkräftig werden; 50 Platten von dem einen Silberpapier gaben an einem Tage nicht den Grad von elektriſcher Spannung, den in demſelben Augenblicke 10 Platten eines andern Papiers erzeugten; feuchte oder trockene Luft ſchienen die eine Säule zu beleben, eine andere zu ertödten. In einigen Fällen ſah ſogar Zamboni die elektriſche Polarität ſich umkehren und die Papierſeite negativ werden. Durch Abänderung der Verſuche mit dieſer Art Säule, ſo wie mit einer andern, bei welcher er das Papier mit Honig durchdrungen hatte, und wo die Papierfläche ſtets poſitiv blieb, ohne ſich je umzukehren, glaubte Zamboni den allgemeinen Schluß ziehen zu können, daß die poſitive Seite der Säule allemal nach derjenigen Seite hinfällt, wo das Metall in einer größern Anzahl Puncten von Feuchtigkeit berührt wird, ſo daß, je nachdem ſich mehr Feuchtigkeit an der belegten Fläche des Papiers oder an der andern Fläche befindet, der poſitive Pol nach der einen oder nach der andern Seite fallen könne. In der That ſcheint dieſe Anſicht ihre Beſtätigung durch eine andre Art zweigliedrigen Apparats zu finden, bei welcher wirklich die Erregung der El. von nichts anderem als einer ſolchen Ungleichheit der Berührungsgröße mit Feuchtigkeit abgeleitet werden kann.

Zamboni ſchnitt aus Stanniol, der auf beiden Seiten auf das Glätteſte polirt war, Vierecke von ½ Zoll Seite, die jedes in einen höchſt feinen, 2 bis 3 Zoll langen, Schwanz ausliefen. Auf einer iſolirten Fläche wurden in einem Kreiſe 30 kleine runde Uhrgläſer geſtellt und alle bis zu einer gewiſſen Höhe mit deſtillirtem Waſſer gefüllt. Darauf legte er in das erſte Uhrglas einen dieſer Stanniolſtreifen ſo hinein, daß das Viereck ſich ganz darin befand, der Schwanz aber über den Rand dieſes und des nächſtfolgenden Glaſes hinübergieng und mit ſeiner feinen Spitze das Waſſer des zweiten Glaſes berührte. In dieſem lag auf dieſelbe Weiſe das zweite viereckige Blättchen, deſſen Schwanz eben ſo in das dritte Glas hinüber reichte, u. ſ. f. bis zum dreißigſten Glaſe. — Darauf ſetzte er einen zweiten Apparat ganz auf ähnliche Weiſe aus 30 Gläſern mit Stanniolblättchen und deſtillirtem Waſſer, nur mit dem einzigen Unterſchiede zuſammen, daß hier die Stanniolſtücke längliche Vierecke bildeten, welche, auf den Rändern zweier neben einander ſtehenden Gläſer gleichſam reitend, mit den beiden Enden gleich tief in das Waſſer beider Gläſer eintauchten.

Als nun Zamboni den Collector eines condenſirenden Elektroſkops ½ Minute lang mit dem Waſſer des erſtbeſchriebenen Apparats in Berührung erhalten hatte, während das Waſſer des letzten

Glaſes mit dem Boden in Verbindung geweſen war, zeigte ſich am Elektrometer eine poſitive Ladung; indeß, wenn das Waſſer des letzten Glaſes mit dem Condenſator und das des erſten Glaſes mit dem Boden verbunden wurde, der Condenſator eine negative Ladung erhielt. An dem zweiten Apparate dagegen, in welchem das Waſſer jedes Glaſes mit zwei gleich großen Theilen der Metallblättchen in Berührung war, vermochte er bei wiederholten, mit der größten Genauigkeit angeſtellten, Verſuchen nie auch nur das geringſte Zeichen von El. zu entdecken. Auch überzeugte er ſich ſehr deutlich, daß in dem zweiten Apparate die elektriſche Spannung ſich ſogleich entwickelte, ſobald er nur eine Ungleichheit der Berührungspuncte hervorbrachte. — Ganz ſo wie hier verhielt ſich bei dieſen Verſuchen auch Zink.

Zamboni bemerkt, daß der vorerwähnte Apparat nicht ſogleich nachdem er zuſammengeſetzt war, eine elektriſche Spannung äußerte. Dieſe erſchien erſt nach einigen Minuten und wuchs dann ſo ſtufenweiſe, bis ſie zu einem Maximum gelangte, was wahrſcheinlich einerſeits auf der langſamen Durchbewegung der El. von einer Abwechslung zur andern, andrerſeits darauf beruhen mag, daß die Metallblättchen einige Zeit nöthig haben, ſich mit dem Waſſer in gehörige innige Berührung zu ſetzen.

Um die Wirkung einer beſſer leitenden Flüſſigkeit als Waſſer zu prüfen, erhöhte Zamboni das Leitungsvermögen des reinen Waſſers in den Gläſern von Stufe zu Stufe, durch Salmiackauflöſung, von der er zuerſt nur zwei oder drei Tropfen dem Waſſer in jedem Glaſe des Apparats zuſetzte. Durch dieſen Zuſatz gewann der Eintritt der elektriſchen Spannung viel an Geſchwindigkeit, auch nahm ſie etwas an Größe zu, doch war immer noch eine merkliche Zeit nöthig, ehe ſie ſich in dem Condenſator des Elektrometers vollkommen anhäufte. Ein zweiter Zuſatz einiger Tropfen der Salmiackauflöſung gab der elektriſchen Spannung eine noch größere Geſchwindigkeit, dagegen fing die Größe der Spannung an, etwas abzunehmen; und als er auf dieſelbe Weiſe fortfuhr, das Leitungsvermögen des Waſſers durch Salmiack zu erhöhen, ſchien ſich die Geſchwindigkeit der el. Spannung immer fort auf Koſten der Größe derſelben zu vermehren, bis endlich die el. Spannung ganz und gar ausblieb. Es ergiebt ſich hieraus, daß die zweigliedrige Säule nicht blos Ungleichheit der Berührung des feuchten Körpers mit den Metallflächen zur Bedingung hat, ſondern auch noch verlangt, daß der feuchte Körper ein unvollkommener Leiter ſey.

Zamboni fand ferner, daß, wenn man in dem Zeitpuncte, in welchem der zweigliedrige Apparat das Maximum der Spannung erhalten hat, den Condenſator damit ladet, bei unmittelbarer Wiederholung des Verſuchs eine lange dauernde Berührung nöthig iſt, um die vorige Spannung hervorzubringen, und bei mehrmaliger Wiederholung des Verſuchs hinter einander nach gleich langer Berührung

mit dem Condensator die el. Spannung sich jedesmal geringer zeigt, bis sie endlich ganz verschwindet und sich erst nach einigen Minuten wieder in den ersten Zustand setzt.

Zamboni setzte einen ähnlichen Apparat, wie aus Zink und Zinn, aus Kupfer zusammen. Nach einigen Stunden entwickelte sich eine schwache el. Spannung, die er der Hälfte der aus Stanniol oder Zink entwickelten gleich schätzte; aber die Polarität dieses Apparats war die entgegengesetzte, die er unter gleichen Umständen mit Stanniol oder mit Zink erhalten hatte. Er baute darauf eine zweigliedrige Säule aus unächtem Goldpapier auf und fand auch hier wieder das Kupfer positiv, das Papier negativ. Auch kehrte sich diese Polarität niemals um, selbst dann nicht, wenn er die Feuchtigkeit des Papiers durch Honig vermehrte.

Die Existenz der von Zamboni durch diese Versuche bekannt gewordenen zweigliedrigen Säule wurde durch Erman * bestätigt. Eine Säule, die er aus 1100 Schichten unächten Goldpapiers zusammensetzte, ladete, wenn sie isolirt war, den Condensator an jedem Ende entgegengesetzt, hatte ihren Nullpunct gerade in der Mitte und ableitende Berührung des einen Pols brachte jedesmal den entgegengesetzten auf ein größeres Maximum der Spannung. Gerade dasselbe zeigten schon 30 Schichtungen, nur minder kräftig; und eben so 100 Schichtungen übergoldeten Papiers (sogen. Silberpapier).

Die von Zamboni erwähnten Umkehrungen der Pole sah Erman bei diesen Säulen sehr selten. Er fand blos, daß ihre Wirkung allmälig abnahm und am Ende ganz erlosch; aber ohne Uebergänge in das Entgegengesetzte. Höchst auffallend war bei dieser, wie bei allen trocknen Säulen, der Einfluß der Temperatur. Man brauchte die Säule von 1100 Schichtungen nur ½ Stunde lang dem Sonnenlichte auszusetzen, so lud sie das Elektrometer ohne Condensator unmittelbar bis zum Anschlagen der Blättchen und ihre Spannung stellte sich auffallend schnell wieder her. In der gewöhnlichen Temperatur brauchte man dagegen mit einem guten Condensator über 6 Minuten Zeit, um bei dieser, durch die Dauer bereits sehr geschwächten, Säule die ersten Spuren einer Divergenz an demselben Elektrometer wahrzunehmen.

Erman stimmt damit nicht mit Zamboni überein, daß er als normalen Zustand dieser Art Säulen die negative Ladung des Papiers und die positive des Zinns, sowohl für unächtes Silber- als Goldpapier findet. Eben so erhielt er die entgegengesetzte Polarität, als Zamboni angiebt, indem er dessen Uhrgläserapparate einen Becherapparat aus 30 Gläsern substituirte, deren jedes ungefähr ein Pfund Regenwasser enthielt, und dabei Zink anwandte, der an seinem einen Ende das Wasser mit einer Fläche von 29 Quadratzoll, mit seinem andern von zwei Quadratlinien berührte. Hier so wie bei

* Gilb. LXIX. 46.

Anwendung eines Apparats von kleinern Dimenſionen verhielt ſich der Pol der breiten Flächen poſitiv, der der Spitzen negativ.

Die Intenſität der Wirkung ſcheint nach Ermans Verſuchen nicht der abſoluten Größe der Oberfläche proportional zu ſeyn; denn es gaben 30 Zinkplatten, jede von 70 Quadratzoll und eben ſo viele von 1 Quadratzoll Oberfläche faſt dieſelbe Spannung; dagegen ſchien ſich die Dauer der Wirkung nach der Größe der Oberflächen zu richten; denn für die Dauer des großen Apparats mit Zinkflächen fand Erman beiläufig ſo viel Wochen, als Tage für die Dauer des kleinen.

Ein aus 30 Quadraten reinen Silbers, jedes von 1 Quadratzoll Fläche, zuſammengeſetzter kleiner Becherapparat gab die umgekehrte Polarität von der des Zinks, nämlich negative für den Pol der breiten Flächen, poſitive für die Spitzen.

Alle Apparate dieſer Art, ſowohl die ſäulenartigen, als die Becherapparate verlieren nach längerer oder kürzerer Zeit alle elektriſche Spannung, dieſe tritt aber wieder hervor, wenn man den Größenunterſchied zwiſchen ihren Spitzen und ihren breiten Oberflächen vermehrt, z. B. auf die breiten Flächen unter Waſſer neue Flächen von demſelben Metall legt, ohne an den Spitzen des Metalls etwas zu ändern.

Auch Erman fand übrigens die Natur der Flüſſigkeit bei dieſen elektrometeriſchen Syſtemen von verſchiedenem Einfluß. Zinn hatte im Becherapparat mit reinem Waſſer nach zwei Tagen aufgehört, mit beſtimmter polariſcher Spannung zu wirken. Er löſte nun in jedem der 30 Gläſer einige Gran Kochſalz auf, und augenblicklich war die frühere negative El. des Pols der Spitzen und die poſitive El. der breiten Flächen in einer Intenſität und Menge wiederhergeſtellt, die das Frühere weit übertraf; aber die Dauer dieſer Spannung war im umgekehrten Verhältniß ihrer Intenſität. Die vergleichende Wirkung von ſauren und baſiſchen Flüſſigkeiten gab nach Verſchiedenheit der Metalle ſo verwickelte Erſcheinungen, daß er ſie noch unter keinem einfachen Geſichtspunct zu vereinigen wußte.

Achtes Capitel.

Von der geſchloſſenen Kette im Allgemeinen.

Bis jetzt haben wir blos von den Erſcheinungen gehandelt, welche ein Elektrometer oder eine Combination aus mehrern Elektrometern darbietet, wenn die entgegengeſetzten Pole derſelben außer leitender Gemeinſchaft mit einander ſind. Alle die Erſcheinungen, welche wir hieher beobachteten, und die man unter dem Namen der elektroſkopiſchen oder elektrometriſchen zuſammenzufaſſen pflegt, betrafen Wirkungen auf Elektroſkope oder die Leydner Flaſche und ſind der Berührungselektricität durchaus mit der Reibungs-

elektricität gemein; indem ſie hier wie dort von einer, in den Zuſtand des Gleichgewichts gekommenen, Elektricität abhängig ſind. Bald aber werden wir andere Wirkungen kennen lernen, welche die geſchloſſene galvaniſche Kette, d. h. ein Elektrometer oder eine Säule, deren Pole durch einen Leiter mit einander in Verbindung ſind, darbietet, und welche wir durch die gewöhnliche Elektricität noch den bis jetzt von uns angeführten Erfahrungen noch nicht in derſelben Art zu erlangen vermochten.

Indem wir die Darſtellung dieſer Wirkungen unternehmen, bemerken wir zum Voraus, daß eine allgemein anerkannte Theorie derſelben bis jetzt noch nicht vorhanden iſt, indem faſt jeder, der ſich damit beſchäftigt hat, eine andre Anſicht oder wenigſtens Modification derſelben aufgeſtellt hat.

Ich ſelbſt werde, um die Erſcheinungen auf die möglichſt einfache, und mit der am allgemeinſten gangbaren Vorſtellung übereinkommendſte, Weiſe darzuſtellen, ſie Anfangs mit keinem andern Grundſatze in Beziehung ſetzen, als daß die Flüſſigkeiten, welche in die geſchloſſene Kette eingehen, ſchlechthin als Leiter der Elektricität von einem Plattenpaare zum andern wirken, ohne die übrigen Wirkungen dieſer Flüſſigkeit dabei zu berückſichtigen. Später, wenn wir die andern wenigen Functionen der Flüſſigkeit näher ins Auge faſſen werden, wird ſich ergeben, daß dieſe Anſicht einige Modificationen oder wenigſtens Erläuterungen erfahren muß, um wirklich die Geſammtheit der Erſcheinungen zu umfaſſen.

Jetzt zur Sache ſelbſt.

Wenn man zwei heterogene Metalle, die ſich an einem oder mehrern Puncten metalliſch berühren, an andern Puncten durch irgend einen flüſſigen Leiter mit einander in Verbindung ſetzt, ſo iſt dadurch der einfachſte Fall einer geſchloſſenen galvaniſchen Kette gegeben, welchen man ſchlechthin mit dem Namen der einfachen Kette zu belegen pflegt.

Eine ſolche ſtellt man z. B. dar, indem man zwiſchen eine Zink- und eine Kupferplatte ein feuchtes Papierblatt einſchiebt, doch ſo, daß ſich die Platten noch an ihrem Rande berühren, oder indem man einen Zink- und Kupferdraht, oder dergleichen Platten in eine Flüſſigkeit eintaucht, während ihre außerhalb der Flüſſigkeit befindlichen Theile ſich berühren. Ja die Bedingungen der einfachen Kette ſind erfüllt, wenn man zuſammengelöthete oder ſich nur innig berührende Stücke heterogener Metalle ganz in eine leitende Flüſſigkeit eintaucht.

Wir wollen jetzt unterſuchen, was der Erfolg einer ſolchen Anordnung ſeyn muß.

Vermöge der Berührung der heterogenen Metalle und der hiedurch entwickelten elektrometoriſchen Kraft muß ſich hiedurch eben ſo gut El. entwickeln, als wenn die Kette offen wäre. Indem nun aber die poſitive El. von der einen und die negative El. von der

andern Seite durch den verbindenden feuchten Leiter in einander überſtrömen, finden ſie ein Mittel, ſich auszugleichen, und ſie würden folglich den Elektromotor in natürlichem Zuſtande zurücklaſſen, wenn nicht die fortwirkende elektromotoriſche Kraft in dem Maße, als ſie ſich neutraliſiren, ſofort einen neuen Erſatz derſelben hervorrufte. Dieſe von Neuem entwickelten Elektricitäten ſtrömen abermals nach entgegengeſetzten Richtungen durch den feuchten Leiter in einander über u. ſ. f., ſo daß vermöge der immer ſich erneuenden Entwickelung eine continuirliche Strömung entgegengeſetzter Elektricitäten von der Berührungsoberfläche aus nach entgegengeſetzten Richtungen durch die Kette hindurch Statt findet.

Da man eigentlich die Gränze nicht beſtimmt angeben kann, wo die Ausgleichung der poſitiven und negativen Elektricität in der Kette erfolgt, ſo pflegt man gewöhnlich in den Ausdrücken die Sache ſo darzuſtellen, als ob ſowohl die poſitive, als negative El. von der Berührungsſtelle aus einen vollkommnen Kreis, einander entgegen, durchliefen, oder als ob die Ausgleichung an jeder einzelnen Stelle der Kette erfolgte. Ob dieſer Vorſtellung wirklich Realität zukomme, müſſen wir jetzt dahingeſtellt ſeyn laſſen, indeſſen können wir zur Vereinfachung der Darſtellung uns in den Ausdrücken ihr anſchließen, ohne jedoch vor der Hand weitere Folgerungen daraus zu ziehen. Später werden wir Erfahrungen kennen lehren, welche dahin deuten, daß wirklich die verſchiedenen Theile der Kette in dieſer Hinſicht ſich gleich verhalten.

Um die Richtungen der entgegengeſetzten Strömungen in der Kette kurz zu bezeichnen, iſt man übereingekommen, jedesmal blos die Richtung der poſitiven El. anzudeuten, ſo daß, wenn man von Richtung des Stroms in der Kette ſchlechthin ſpricht, darunter allemal die Richtung, in welcher ſich die poſitive El. bewegt, zu verſtehen iſt, wo es ſich dann von ſelbſt verſteht, daß die negative El. in der entgegengeſetzten Richtung die Kette durchläuft.

Bei dieſer continuirlichen Bewegung nun durch die Theile der Kette äußert die Elektricität auf dieſe Theile, ſo wie gewiſſe in ihre Nähe gebrachte, Körper verſchiedene eigenthümliche Wirkungen, von denen wir bald ſprechen werden, nachdem wir jedoch zuvor auf mehrere Umſtände aufmerkſam gemacht haben, die bei Bildung der Kette in Betracht kommen und die ſich aus den bisher aufgeſtellten Grundſätzen erklären laſſen.

Wir haben früher geſehen, daß es hinſichtlich der Quantität Elektricität, welche ſich gleichförmig von der Berührungsoberfläche zweier Metalle aus verbreitet, nicht auf die Größe der Berührungsoberfläche dieſer Metalle ankommt. Es wird daher auch bei der einfachen Kette gleichgültig ſeyn, ob die Metalle, aus denen ſie beſteht, ſich in viel oder wenig Puncten metalliſch berühren.

Wir haben ferner geſehen, daß die freie El. der Endglieder einer Reihe aus beliebigen Metallen ſich immer ganz ſo verhält, als

wenn ſie ſich direct berührten, oder als wenn die Zwiſchenglieder nicht vorhanden wären. Auch dies Reſultat wird ſich auf die Kette anwenden laſſen. Wenn wir z. B. von der Reihe

Zink
Silber
Eiſen
Kupfer

das Zink und Kupfer durch einen feuchten Leiter, der hier durch die Klammer vorgeſtellt iſt, in Verbindung ſetzen, ſo wird die El., die das Silber und Eiſen unter einander, ſo wie mit Zink und Kupfer erregen, ſich zu einer ſolchen Wirkung zuſammenſetzen, daß es iſt, als wenn Zink und Kupfer ſich direct berührten und der Strom wird within die Richtung von Oben nach Unten im feuchten Leiter des obigen Schema's verfolgen.

Endlich iſt noch ein dritter Umſtand zu berückſichtigen. Da die entgegengeſetzten Elektricitäten, wenn ſie ſich unter einander auszugleichen ſtreben, immer vorzugsweis dem kürzeſten und beſten Leiter folgen, ſo wird es im Allgemeinen für die Wirkung einer geſchloſſenen Kette ohne merklichen Einfluß ſeyn, wenn man eines ihrer metalliſchen Glieder mit dem Finger berührt, und man hat überhaupt bei geſchloſſener Kette für die Iſolation der metalliſchen Glieder nicht ängſtlich Sorge zu tragen.

Die hier erörterten drei Umſtände, welche ſämmtlich durch die Erfahrung bei den nachfolgenden Wirkungen beſtätigt werden, laſſen eine große Mannichfaltigkeit in der Einrichtung gleich wirkſamer einfacher Ketten und Bequemlichkeit in ihrer Handhabung zu.

So kann man z. B. eine Zink- und Kupferplatte an die Enden eines Drahts aus beliebigem Metall befeſtigen, und dann in ein gläſernes oder irdenes Gefäß mit leitender Flüſſigkeit eintauchen, ſo daß ſie in dieſem Gefäße nur durch die Flüſſigkeit communiciren. Man wird, von welchem Metall auch der verbindende Draht genommen werde, ſtets dieſelbe Richtung der Strömung erhalten, als wenn Zink und Kupfer ſich direct berührten, wie ſich dies durch bald auseinander zu ſetzende Verfahrungsarten beſtätigt finden läßt. Dieſer Anordnung bedient man ſich ſehr oft, wenn man einen Theil der Kette in einer gewiſſen Länge auf andre Körper wirken laſſen will, indem der verbindende Draht ſelbſt als ein ſolcher Theil der Kette wirkt. Man giebt ihm den Namen des Verbindungs- oder Schließungsdrahtes oder Schließungsbogens. Man kann auch ſehr zweckmäßig anſtatt zwei Metalle in daſſelbe Gefäß zu tauchen, vielmehr ein Gefäß aus einem von beiden heterogenen Metallen, z. B. Kupfer, verfertigen, dieſes mit der leitenden Flüſſigkeit füllen, und das andere Metall in die Flüſſigkeit eintauchen, ſo daß es die Wände des andern nicht berührt; endlich die Verbindung beider Metalle durch einen Draht herſtellen, und ſolcher Anordnungsarten, die ſämmtlich daſſelbe leiſten, laſſen ſich noch mehrere erdenken.

Bemerkenswerth iſt der Umſtand, daß, wenn man eine der Platten einer geſchloſſenen einfachen Kette am Condenſator prüft, während man die andere mit dem Erdboden in Verbindung ſetzt, der Condenſator durch jene Platte gerade ſo geladen wird, als wenn die Kette ungeſchloſſen wäre, oder als wenn die Elektricitäten keinen Weg hätten, ſich durch den feuchten Leiter hindurch zu vereinigen. Es ſcheint dies auf dem Umſtande zu beruhen, daß die Elektricität ſich ohne Vergleich ſchneller in den Metallen entwickelt und über ſie verbreitet, als ſie ſich durch den feuchten Leiter hindurch zu neutraliſiren vermag, ſo daß der, mit der einen Platte in Verbindung ſtehende, Condenſator immer die, dieſer auch im ungeſchloſſenen Zuſtande zukommende, Spannung anzeigt. Zieht man die eine Platte, während man den Condenſator an die andere bringt, ſo erhält er eben ſo wenig merkliche El. dadurch mitgetheilt, als bei einem ungeſchloſſenen Elektrometer, und überhaupt verhalten ſich die elektroſkopiſchen Anzeigen der einfachen Kette ganz wie die eines einfachen ungeſchloſſenen Elektrometers *; daher es nicht nöthig iſt, beſonders darauf zurückzukommen.

Es muß wohl in Obacht genommen werden, daß es nicht möglich ſeyn würde, eine einfache Kette mit continuirlicher Strömung der El. aus lauter metalliſchen Leitern ohne Dazwiſchenkunft einer Flüſſigkeit zuſammenzuſetzen. Geſetzt z. B. K und Z (Taf. VIII. Fig. 15) ſeyen zwei ſich bei a berührende Platten Kupfer und Zink und man brächte ſtatt eines ſchließenden feuchten Leiters einen kupfernen Verbindungsdraht K′ an, der ſie von einer andern Seite verbände, ſo würde der negativen El., die von a nach KK′ den Kreis zu durchlaufen ſtrebt, eine gleich ſtarke negative El. entgegenwirken, die vermöge der bei b Statt findenden Berührung des kupfernen Schließungsdrahts K′ mit Z ſich nach bK′ zu verbreiten ſtrebt, ſo daß anſtatt einer continuirlichen Strömung der negativen Elektricität nach einer oder der andern Seite vielmehr vermöge des Entgegenwirkens beider gleicher Elektricitäten ein Gleichgewichtszuſtand bei der eintreten müßte, vermöge deſſen das ganze Syſtem KK′ einen gleichförmigen fixen Zuſtand negativer Elektricität behaupten würde. Dieſelbe Schlußfolge läßt ſich auch für die poſitive El. von Z gültig machen, und berückſichtigt man das (S. 32 erörterte) Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe, ſo kann man als Folgerung ableiten, daß, auch wenn der Schließungsbogen K′ aus einem beliebigen andern Metalle als K und Z beſteht, ein ſolcher Gleichgewichtszuſtand eintreten muß. In der That haben wir auch ſchon S. 35 als Erfahrung angeführt, daß metalliſch geſchloſſene Ketten ſich in jeder Art wie offene verhalten.

Es erhellt leicht, daß die nämliche Schlußfolge nicht auf Flüſſig-

* Vergl. Jäger in Gilb. XIII. 417. — Becquerel in Ann. de Ch. et de Phys. 1828. Sept.

leiten, als ſchließende Leiter gebraucht, angewandt werden könne, da ihre elektrometeriſche Wirkung auf die Metalle nach dem früher Vorausgeſchickten bei Seite gelaſſen wird. Sollten die Flüſſigkeiten wirklich auf dieſelbe Art, als feſte Leiter elektrometeriſch auf dieſe einwirken, und das Geſetz der galvaniſchen Spannungstreibe auch für ſie gültig ſeyn, ſo würden auch mit ihnen ſich keine thätigen geſchloſſenen Ketten errichten laſſen; oder die Theorie dieſer Ketten müßte überhaupt anders geſtellt werden, als nach unſern bisherigen Vorderſätzen der Fall war. Wir werden ſpäter auf dieſen Umſtand zurückkommen.

So wie ein einfacher Elektrometer zur Kette oder zum Kreiſe geſchloſſen werden kann, eben ſo läßt ſich auch eine Säule zur Kette ſchließen, dadurch, daß man zwiſchen ihren Polen eine Verbindung durch einen feuchten Leiter herſtellt. Begreiflich bilden dann ihre Elemente eine in ſich ſelbſt zurücklaufende Reihe. Der einfachſte Fall einer geſchloſſenen Säule würde der ſeyn, wenn man ſich eine Volta'ſche Säule, wie wir ſie bisher betrachtet haben, kreisförmig gebogen dächte, ſo daß ihre Pole mit einander faſt in Berührung kämen, und nun zwiſchen denſelben eine eben ſolche feuchte Scheibe zur Verbindung anbrächte, als in der übrigen Säule vorhanden ſind, ſo daß ſolchergeſtalt ein in ſich ſelbſt zurücklaufender Kreis abwechſelnder metalliſcher Plattenpaare und feuchter Scheiben entſtände. Wiewohl dieſe Anordnung ſich nicht wohl in ſolcher Art in der Wirklichkeit ausführen läßt, ſo laſſen ſich doch leicht Anordnungen erdenken, welche ihr vollkommen äquivalent ſind, wie wir bald zeigen werden, und es laſſen ſich in der That alle wirkſamen geſchloſſenen Volta'ſchen Säulen auf jenes oder ein analoges Schema zurückführen, woran wir daher auch zunächſt unſre theoretiſchen Betrachtungen knüpfen wollen.

Es erhellt leicht, daß der Erfolg einer geſchloſſenen Säule kein andrer ſeyn kann, als der, einer Vervielfachung des Stroms. In der That wirkt für jedes Element der Säule * die Geſammtheit der übrigen Elemente als ſchließender Leiter, und indem ſo jedes Element für ſich einen Strom nach derſelben Richtung hervorbringt, als jedes andre, ſetzen ſich alle dieſe, denſelben Kreis durchlaufende, Ströme zu einem einzigen zuſammen, der je nach der Zahl der Plattenpaare, welche den geſchloſſenen Volta'ſchen Kreis bilden, der doppelte, dreifache oder beliebig vielfache an Stärke von demjenigen werden kann, den eine einfache geſchloſſene Kette hervorgebracht haben würde. Wir dürfen jedoch hiebei nicht als ausgemacht anſehen, daß die Stärke des Stroms wirklich in geradem Verhältniß mit der Anzahl der Plattenpaare zunehme; denn es wäre möglich, daß der verlängerte Weg, welchen in der zuſammengeſetzten Vol-

* Unter Elementen der Säule verſtehen wir hier einen einfachen, aus 2 verſchiedenen Platten beſtehenden, Elektrometer.

taſchen Kette der Strom jedes einzelnen Plattenpaares durch die andern Paare hindurch zu durchlaufen hat, ſeine Intenſität ſo ſchwächte, daß z. B. der Strom einer geſchloſſenen Säule aus 5 Plattenpaaren in der That nicht die 5fache Stärke von dem Strom einer einfachen Kette hätte. Später werden wir uns näher über dieſe Umſtände zu belehren ſuchen.

Die einfachſte Art, mittelſt deren ſich eine geſchloſſene zuſammengeſetzte Kette in der Wirklichkeit darſtellen läßt, iſt die, daß man den Zinkpol einer Säule, wie wir ſie bisher beſchrieben, in einen Zinkdraht, den Kupferpol derſelben in einen Kupferdraht ausgehen läßt, und dieſe Drähte in ein gemeinſchaftliches Gefäß mit Flüſſigkeit, ſo daß ſie ſich innerhalb deſſelben nicht berühren, leitet. In dieſem Fall wirken die Drähte nur als Fortſetzungen der Platten an welche ſie gefügt ſind, und die Flüſſigkeit im Gefäße wirkt äquivalent den Flüſſigkeitsſchichten in den feuchten Scheiben der übrigen Säule; und trägt nicht mehr und nicht minder als dieſe zur Schließung des ganzen Kreiſes bei, daher ſie auch durch die Einwirkung des Stroms gleichartige Veränderungen mit denſelben erleidet, wie wir ſpäter erfahren werden.

Eine andre bequeme Vorrichtung iſt die, welche unter dem Namen des Becherapparats (appareil de tasses en couronne) bekannt iſt. Dieſer läßt ſich, ganz nach obigem Schema, ſo anordnen, daß man eine Reihe, mit leitender Flüſſigkeit gefüllter, Glasbecher im Kreiſe ſtellt, in jeden Becher eine Zink- und eine Kupferplatte ſtellt, ſo daß ſie ſich innerhalb deſſelben nicht berühren, und nun allemal die Zinkplatte des einen Gefäßes metalliſch, z. B. durch Drähte, mit der Kupferplatte des nächſten Gefäßes verbindet. Wie man ſieht, enthält bei dieſer Anordnung jedes Gefäß die entgegengeſetzten Hälften zweier verſchiedenen Elektrometore, zwiſchen denen durch die Flüſſigkeit im Gefäß die Ueberleitung bewirkt wird. Statt Platten, die mit Drähten zuſammengefügt werden, kann man ſich auch zweckmäßig hiebei bogenförmig gekrümmter Streifen bedienen, deren eine Hälfte aus Zink, die andre aus Kupfer beſteht, und deren heterogene Schenkel man allemal in zwei aufeinanderfolgende Becher (immer in derſelben Ordnung) einſetzt.

Richtet man den Apparat auf die erſte der angeführten Arten ein, ſo nennt man die Drähte, welche als Verlängerungen der Polplatten in das Gefäß mit Flüſſigkeit tauchen, Leitungsdrähte oder Schließungsdrähte (nach Ampère's Ausdruk Rheophoren) der Säule. Gewöhnlich erfüllt man bei ihnen nicht die oben angegebene Bedingung, ſie reſpective von gleichem Metall mit ihren Polplatten zu nehmen, ſondern nimmt ſie z. B. beide von Zink oder von ſonſt einem beliebigen Metall, ohne daß dies einen ſehr großen Unterſchied in der elektriſchen Strömung hervorbrächte. Auch läßt ſich theoretiſch zeigen, daß dies nicht anders ſeyn kann. Geſetzt z. B. beide Leitungsdrähte ſeyen von Kupfer, und die Säule

beſtehe blos aus drei Elementen, ſo werden wir nachſtehendes Schema haben:

Kupfer (d. d Leitungsdrahts)
1) Zink (der Polplatte)
Kupfer
Feuchter Leiter
2) Zink
Kupfer
Feuchter Leiter
3) Zink
Kupfer (der Polplatte und des Leitungsdrahts)

} Flüſſigkeit des Gefäßes.

Bei dieſer Anordnung iſt das oberſte Element der Säule unwirkſam geworden, weil hier Zink von beiden Seiten mit Kupfer in Berührung iſt; und die Säule wirkt blos noch als eine Säule von 2 Plattenpaaren. Begreiflich aber wird eine ſolche Verminderung der Säulenwirkſamkeit um Ein Plattenpaar nicht ſehr in Betracht kommen können, wenn man die Säule, wie gewöhnlich, aus 20 bis 100 oder mehr Plattenpaaren zuſammenſetzt; und ähnliche Schlußfolgen gelten, wenn man auch Leitungsdrähte aus beliebigen andern Metallen an die Pole anbringt; doch bleibt jedenfalls am vortheilhafteſten für die Wirkung die zuerſt angeführte Anordnung.

Häufig bewirkt man die Schließung der Säule nicht dadurch, daß man die Pole derſelben oder ihre Verlängerungen, durch eine Flüſſigkeit verbindet, ſondern, daß man zwiſchen den Polen eine metalliſche Verbindung durch einen zuſammenhängenden Schließungsdraht herſtellt. Um den Erfolg dieſer Anordnung zu überſehen, wollen wir uns wiederum eine Säule aus drei Plattenpaaren vorſtellen, bei welcher durch die Klammer der Schließungsdraht angedeutet werden möge:

1. a Zink
1. b Kupfer
Feuchter Leiter
2. Zink
2. Kupfer
Feuchter Leiter
3. a Zink
3. b Kupfer

} Schließungsdraht.

Es erhellt leicht, daß man bei dieſer Säule, ohne ihre Wirkſamkeit zu ändern, das höchſte Zink und unterſte Kupfer ganz weglaſſen, und ſtatt deſſen an dem höchſten Kupfer und niedrigſten Zink mit dem Metalldraht ſchließen könnte. Denn vermöge ihrer metalliſchen Verbindung ſtellen die äußerſten Plattenpaare eigentlich eine zuſammenhängende Folge von 4 Platten 1. b, 1. a, 3. b, 3. a, dar,

für deren Wirkſamkeit nach dem früher Erörterten die Mittelglieder, d. i. das äußerſte Zink und Kupfer der Säule 1. a und 3. b, gleichgültig ſind. Durch die Berückſichtigung dieſes Umſtandes kann man die unnütze Anwendung eines überflüſſigen Paars Platten, das ſich beſſer als Element der Säule ſelbſt einſchieben läßt, vermeiden.

Was die elektroſkopiſchen Wirkungen anlangt, welche eine geſchloſſene zuſammengeſetzte Kette oder Säule darbietet, ſo hat die Erfahrung Folgendes gelehrt *.

Wenn die Leitung durch die Glieder der Säule für alle Elemente derſelben gleich beſchaffen iſt, welches man dadurch erlangt, daß man die Pole einer gleichförmig erbauten Säule auf die letzterörterte Weiſe durch einen Metalldraht verbindet **, ſo äußert ſie (eben ſo wenig als irgend eine Art der geſchloſſenen Säule) zuvörderſt unter allen den Umſtänden der Iſolation keinen merklichen Einfluß auf das condenſirende Elektrometer, wo die ungeſchloſſenen Säulen und einfachen Elektrometern keinen ſolchen äußern, alſo z. B. wenn man die ganze Säule iſolirt und irgend eine Platte derſelben am Condenſator prüft.

Geſetzt aber man bringe eine der Platten dieſer Säule mit dem Erdboden oder einer Fläche von großer Elektricitätscapacität in Verbindung und prüfe zugleich eine andre beliebige Platte dieſer Säule mit dem Condenſator, ſo ladet jede dieſer Platten den Condenſator mit der ihr zukommenden Elektricität aber, was ſehr bemerkenswerth iſt, jede Platte zeigt jetzt dieſelbe Intenſität, als jede andre und **dieſe Intenſität iſt nicht größer, als ſie der Condenſator von einem einzelnen Paar Metallplatten, welche beide mit der Erde in Verbindung ſind, auch erhalten kann** ***. Wie man ſieht alſo, verſchwindet durch die Schließung der Säule ein großer Theil ihrer nach Außen wirkſamen Elektricitäten, indem er ſich mit der entgegengeſetzten unter Bildung der erörterten Strömungen ausgleicht.

Schließt man in einer Säule durch einen Metalldraht eine beliebige Anzahl Glieder in der Mitte zu einer Kette für ſich, ſo findet ſich die freie Elektricität, welche die nicht zugleich geſchloſſenen äußerſten Pole der Säule zeigen, um ſo mehr vermindert, je größer die Anzahl der Glieder iſt, die man auf ſolche Weiſe in ihrer Mitte ſchließt; dieſe Glieder verhalten ſich jedenfalls ganz ſo, als

---

* Jäger in Gilb. III 411.

** Allerdings leiten der verbindende Metalldraht vermöge ſeiner Länge etwas ſchlechter, als die Platten in der Säule ſelbſt; aber dieſer Unterſchied kommt nicht ſehr in Betracht an der Stelle, wo der Schwerpunkt der Leitung hauptſächlich von den Verhältniſſen der Flüſſigkeit abhängt, wie in der Folge erörtert werden wird.

*** Daher hält ein Elektrometer, welches an den beiden Polen einer hinlänglich großen Säule eine gewiſſe Spannung zeigt, augenblicklich zuſammen, wenn man zwiſchen dieſen Polen durch einen Metalldraht ſchließt.

wenn ihre elektromotoriſche Wirkſamkeit für die Pole der Säule verloren gienge und ſie nur noch als paſſive Leiter wirkten *.

Wenn in einer Säule die Leitung durch alle feuchte Zwiſchenglieder nicht gleich gut iſt, ſondern irgendwo zwiſchen zwei Elementen derſelben eine Flüſſigkeit ſich befindet, die vermöge ihrer eigenthümlichen Beſchaffenheit oder ihrer Dimenſionen dem Durchgang des Stroms ein größeres Hinderniß entgegenſetzt, als die Zwiſchenflüſſigkeit der andern Elemente, ſo ſieht man ſofort an den Gränzen dieſer Flüſſigkeit ſich zwei entgegengeſetzte Pole der Säule bilden, oder das Elektrometer hier eine verſtärkte Spannung zeigen; gleich als ob keine vollkommene Schließung der Säule Statt fände **. In der That erhellt, daß die entgegengeſetzten Elektricitäten, wenn ſie ſich durch die übrigen Glieder der Säule ſchneller entwickeln und bewegen können, als ſie ſich durch den unterbrechenden feuchten Leiter hindurch zu neutraliſiren vermögen, an ſeinen Gränzen in gewiſſem Grade anhäufen und ſo mehr oder weniger die Erſcheinungen der ungeſchloſſenen Kette darſtellen müſſen. Daher bemerkt man denn auch ſtets und allgemein, daß in demſelben Grade, als die Phänomene, welche von Einwirkung einer ungehinderten Strömung der Elektricität abhängen, an Intenſität zunehmen; in demſelben Grade die elektroſkopiſchen Erſcheinungen verſchwinden und umgekehrt, ſo daß man ſagen kann: was für die eine dieſer Wirkungen verloren gehe, werde zum Vortheil der andern verwandt.

Dieſe Umſtände gehen aus den übereinſtimmenden Erfahrungen Erman's ***, Ritter's ****, Jäger's †, Configliachi's und Brugnatelli's ††, Prechtl's ††† hervor. Um ſie nachzuweiſen, verfährt man am beſten ſo, daß man die Leitungsdrähte der Pole einer Säule in eine Glasröhre leitet, worin theils der Abſtand der Spitzen dieſer Drähte, mithin die Strecke der zwiſchen ihnen zu durchlaufenden Flüſſigkeit, theils die Beſchaffenheit der Flüſſigkeit ſelbſt verändert werden kann, während die Dimenſionen und Beſchaffenheit der Flüſſigkeit zwiſchen den übrigen Elementen der Säule ſich gleich bleiben ††††.

---

* Ritter in Gilb. VIII. 451.

** Daher nennt man in der That eine ſolche Säule eine unvollkommen geſchloſſene.

*** Gilb. VIII. 204. X. 3.

**** Gilb. VIII. 455.

† Gilb. XIII. 411.

†† Gehlen. J. VIII. 344.

††† Gilb. XXXV. 88.

†††† Um einen Verſuch als Beiſpiel anzuführen, ſo leitete Erman zwei Platindrähte, an den Polen einer Säule von 200 Plattenpaaren befeſtigt, in eine Glasröhre, ſo daß die Spitzen derſelben 6 Zoll darin abſtanden, und brachte zugleich an jeden Draht ein äußerſt feines und ſicheres Blattgoldelektrometer an. Die Gaserzeugung (eine Wirkung der ſtrömenden El., die wir ſpäter kennen lernen werden) war wenig lebhaft, und die Elektrometer behielten beinahe die völlige

In allen den Fällen, wo die unvollkommen geschlossene Säule freie Elektricität an ihren Polen zeigt, bemerkt man, daß diese Elektricität sich von jedem Pole auf eine gewisse Strecke mit abnehmender Stärke in den unvollkommen schließenden feuchten Leiter hineinerstreckt, der solchergestalt um die Mitte einen Indifferenzzustand zeigt. Man muß sich auch hier wohl hüten, diese freie Elektricität, die mit der freien El. der Pole selbst gleichen Ursprung hat, mit derjenigen gleich zu achten, welche die Erscheinungen der Strömung bewirkt; da diese für das Elektrometer wegen ihrer in jedem Augenblick erfolgenden Neutralisation gänzlich verschwindet, und in der That werden wir später durch unzweideutige Thatsachen nachweisen, daß die Wirkungen der strömenden El. von der für das Elektrometer wahrnehmbaren freien El. gänzlich unabhängig erfolgen.

Man kann diese Ladung des unvollkommen schließenden feuchten Leiters durch die Pole der Säule auf mehrfache Art darthun. Folgende Art, sie nachzuweisen, rührt von Volta her. Man setze die beiden Pole einer hinlänglich großen, mit Salzwasser geschichteten, Volta'schen Säule durch einen langen, mit reinem Wasser, welches nur ein schlechtes Leitungsvermögen besitzt, getränkten Papierstreifen in Verbindung, und berühre einige Zeit nachdem diese Verbindung hergestellt worden ist, den Streifen successiv an verschiedenen Stellen mit einem condensirenden Elektroskop. Man wird finden, daß, wenn beide Pole der Säule isolirt sind, jede Hälfte des Streifens sich mit der Art El. geladen hat, welche dem Pole, mit dem sie zunächst in Verbindung steht, zugehört; die eine Hälfte zeigt sich positiv, die andre negativ und die Intensität dieser Ladungen nimmt von jedem Pole bis zur Mitte des Streifens ab, welche sich im neutralem Zustande befindet, wenigstens unter der Voraussetzung, daß das Leitungsvermögen in der ganzen Länge des Streifens gleich ist. Erleichtert man aber das Ausströmen der El. an einer Hälfte vorzugsweis vor der andern, indem man z. B. einige Tropfen einer Salzauflösung, welche besser als reines Wasser leitet, darauf bringt, so wird die elektrische Ladung dieser Hälfte in gleichen Abständen vom Pole stärker seyn, als die der andern, und der neutrale Punct sich mehr dem entgegengesetzten Pole nähern. Steht die Säule, anstatt an beiden Polen isolirt zu seyn, durch einen ihrer Pole mit dem Boden in Verbindung, so fällt der neutrale Punct an diesen

---

Divergenz, die sie bei ganz ungeschlossener Säule gehabt hatten. Nun tröpfelte Erman durch Tubulaturen, mit welchen die Röhre versehen war, eine sehr geringe Menge einer schwachen Kochsalzauflösung in die Röhre, wodurch das Leitungsvermögen des Wassers erhöht wurde. In dem nämlichen Augenblick hörte die Divergenz in beiden Elektrometern beinahe so gänzlich auf, als wäre von Pol zu Pol eine Metallleitung angebracht worden, und zugleich fingen die Platindrähte an, mit mehr als gleicher Heftigkeit wie Gasarten zu geben. Aehnliche Versuche sind über den Einfluß der größern oder geringern Entfernung der Spitzen der Leitungsdrähte von einander angestellt worden.

Pol ſelbſt und der ganze übrige Theil des Streifens zeigt mit einer, nach dem iſolirten Pol hin progreſſiv zunehmenden, Stärke der Ladung blos die El., die dieſer beſitzt.

Beobachtungen, welche mit den vorigen zuſammenhängen, machte Erman * an einer befeuchteten hanfnen Schnur, die er zur Verbindung beider Pole brauchte. Am poſitiven Pole war ein Elektrometer angebracht. Wurde nun der Theil der Schnur, der dem negativen Pol zunächſt war, ableitend berührt, ſo nahm die Divergenz des Elektrometers ſehr zu; unſtreitig, weil die vom negativen Pole aus ſich verbreitende El. nun wegen theilweiſer Ableitung in den Boden nicht mehr ſo viel zur Neutraliſirung der am poſitiven Pole ſich entwickelnden freien El. beitragen konnte **. Am höchſten ſtieg die El. des poſitiven Pols, wenn man den negativen Pol unmittelbar berührte. Wurde jetzt der Theil der Schnur berührt, der dem poſitiven Pole näher war, ſo fiel das Elektrometer zuſammen. Dagegen gab es um die Mitte der Schnur einen Indifferenzpunct, den man berühren konnte, ohne die Differenz des Elektrometers dadurch zu vermehren oder zu vermindern.

Ganz ähnliche Erfolge erhielt Erman ***, als er eine mit drei Tubulaturen verſehene Röhre (Taf. VIII. Fig. 16) voll Waſſer mittelſt der Leitungsdrähte A, B, an welchen Elektrometer hiengen, in die Kette einer Säule von 200 Plattenpaaren brachte, und nun ſucceſſiv durch die Tubulaturen C, D, E, einen Draht einführte, um dadurch eine Ableitung nach dem Boden zu bewirken. Auch überzeugte er ſich, daß, wenn mit den ſo eingeführten, aber iſolirten, Drähten, Elektrometer in Verbindung geſetzt wurden, dieſe jedesmal die Elektricität des Pols anzeigten, dem ſie ſich zunächſt befanden.

Ohm (in ſ. Schrift S. 148) hat die elektroſkopiſche Kraft jeder einfachen und zuſammengeſetzten Kette durch eine allgemeine Formel ausgedrückt, welche nicht nur die vorigen Erfahrungen in ſich ſchließt, ſondern noch mehrere andre bemerkenswerthe Folgerungen enthält, die zufolge ihres Zuſammenhanges mit den angeführten Thatſachen wahrſcheinlich ebenfalls ſich in der Erfahrung bewähren würden. Dieſe Formel, in Worten ausgedrückt, iſt folgende: Wenn man die elektroſkopiſche Kraft irgend eines Puncts der Kette, und das Verhältniß kennt, in welchem das Leitungsvermögen der

---

* Gilb. VIII. 207.

** Das Gelingen dieſes Verſuchs ſetzt unſtreitig voraus, daß die Ableitung nach dem Erdboden mittelſt eines beſſern Leiters geſchieht, als die feuchte Schnur darbietet; ſonſt würde die El. ihren Weg durch dieſe nicht verlaſſen. Dieſe Bedingung iſt ſchon erreicht, wenn die Schnur mit bloßem Waſſer getränkt iſt, und die ableitende Berührung mit dem Finger geſchieht, weil der menſchliche Körper ein ohne Vergleich beſſerer Leiter als das Waſſer iſt.

*** Gilb. X. 11.

ganzen Kette * zum Leitungsvermögen desjenigen Theils der Kette steht, welcher enthalten ist zwiſchen dem Punct von bekannter elektroſkopiſchen Kraft und dem Punct, deſſen Kraft man ſucht, ſo wird letztere Kraft gefunden, wenn man die Zahl der wirkſamen Plattenpaare der ganzen Kette mit jenem Verhältniß der Leitungsvermögen multiplicirt, die elektroſkopiſche Kraft des erſten Puncts zum Product addirt und die Zahl der Plattenpaare, die in der, zwiſchen beiden Puncten enthaltenen Strecke enthalten ſind, abzieht **.

Neuntes Capitel.

Einfache elektromagnetiſche Wirkungen der geſchloſſenen Kette und Conſtruction des elektromagnetiſchen Multiplicators.

Unter den Wirkungen, welche die durch die geſchloſſene Kette ſtrömende Elektricität äußert, verdient vor allen eine unſre Aufmerkſamkeit, auf die wir zwar ſpäter noch beſonders (in der Lehre vom Elektromagnetismus) zurückkommen werden, die wir jedoch jetzt ſchon nöthig haben zu erörtern, weil ſie uns zur Conſtruction eines Inſtruments führen wird, durch das man nicht nur die empfindlichſten Anzeigen für die Gegenwart in Strömung verſetzter Elektricität überhaupt zu erhalten vermag, ſondern welches auch dienen kann, eine Menge Puncte, die bei der einfachen und zuſammengeſetzten Kette in Betracht kommen werden, zu erläutern und ans Licht zu ziehen.

---

* D. h. aller ihrer Theile zuſammengenommen, wobei nicht allein der Einfluß der Materie, ſondern auch der Dimenſionen der Theile auf das Leitungsvermögen in Betracht zu ziehen iſt.

** Ohm bedient ſich bei allen ſeinen Betrachtungen des bequemen Ausdrucks, von einem Theil, der vermöge ſeiner Qualität, Dimenſionen und Materie 2mal, 3mal ſo gut u. ſ. f. leitet als ein andrer, zu ſagen, er habe die Länge, das Dimenſionen reducirter Länge als dieſer, weil bei ſonſt gleichen Verhältniſſen das Leitungsvermögen in der That im umgekehrten Verhältniß der Länge der Leiter ſteht, und der Einfluß der andern Umſtände darauf reducirt werden kann. Dies vorausgeſchickt, wenn wir die geſuchte elektroſkopiſche Kraft irgend eines Punctes der Kraft a, die bekannte eines andern a' nennen, die Summe der wirkſamen Plattenpaare der ganzen Kette A, die Summe derjenigen Plattenpaare, die zwiſchen beiden Puncten enthalten ſind O, die reducirte Länge der ganzen Kette L, die reducirte Länge des zwiſchen beiden Puncten enthaltenen Theils der Kette y, ſo erhalten wir die Formel

$$a = \frac{A}{L} y - O + a'$$

Man kann übrigens den zwiſchen beiden Puncten enthaltenen Theil beliebig nach der einen oder andern Seite des Punctes von bekannter Kraft annehmen, ſo wird dieſe Formel zu gleichen Reſultaten führen.

Wir ſetzen als eine bekannte Erfahrung voraus, daß eine Magnetnadel, wenn man dieſelbe, auf einem Stifte ſchwebend oder an einem feinen Faden hängend, ſich ſelbſt überläßt, ſtets eine fixe Richtung annimmt, welche ziemlich von Süden nach Norden geht und die man ſchlechthin die Richtung des magnetiſchen Meridians zu nennen pflegt. Lenkt man eine ſolche Nadel aus ihrer Richtung ab, ſo kehrt ſie durch eine Reihe von Oscillationen von ſelbſt wieder darein zurück, zum Zeichen, daß ſie durch eine gewiſſe Kraft, welche die Richtung des magnetiſchen Meridians hat, in dieſer Richtung erhalten zu werden ſtrebt. Wir legen dieſer Kraft den Namen der magnetiſchen Erdkraft bei und werden in der Lehre vom Magnetismus ihre Geſetze näher kennen lernen. Für jetzt genügt es, ihr Vorhandenſeyn als eine Thatſache angeführt zu haben, um uns im Künftigen darauf beziehen zu können.

Geſetzt nun, man ſpanne über oder unter eine ſolche Nadel, die durch Wirkung der magnetiſchen Erdkraft die Richtung des magnetiſchen Meridians angenommen hat, mit ihr parallel, den Verbindungsdraht oder ſonſt einen Theil einer einfachen oder zuſammengeſetzten, hinlänglich wirkſamen, Kette aus, ſo wird man ſehen, daß die Nadel ſofort ihre Richtung verläßt, und nach einigen Oscillationen * unter einem gewiſſen Winkel gegen den magnetiſchen Meridian ſtehen bleibt.

Nicht leicht wird man dieſe Wirkung auf eine einfachere Weiſe zum Augenſchein bringen können, als wenn man ſich hiezu des kleinen, Taf. VIII. Fig. 17 vorgeſtellten Apparats bedient. Derſelbe beſteht aus einem kupfernen Streifen K und einem bei B daran gelötheten Zinkſtreifen Z, deren beider nach abwärts gebogene Enden in Spiralen ausgehen, die in einander greifen, jedoch durch dazwiſchen befeſtigtes Holz oder Siegellack an metalliſcher Communication verhindert werden. Sowohl über dem Kupfer- als Zinkſtreifen ſind Spitzen angebracht, auf welchen ſich Magnetnadeln ſchwebend anbringen laſſen, ſo wie man auch ein Häkchen am obern Streifen anbringen kann, um unter demſelben eine Magnetnadel an einem Cocenfaden ſchwebend zu erhalten. Setzt man nun dieſen Apparat ſo auf einen Unterſatz, daß die ſpiralförmige Endigung deſſelben zur Seite herabreicht und läßt dieſe Endigung in ein Gefäß mit verdünnter Säure tauchen, ſo wird man begreiflich die Anordnung einer geſchloſſenen einfachen Kette haben, indem die von der

* Bei dieſen Oscillationen iſt zu bemerken, daß der Ruheſtand der Nadel niemals das Mittel iſt zwiſchen den beiden Gränzpuncten, bis zu welchen die Oscillationen ſich in jedem Augenblick erſtrecken, ſondern dem Gränzpuncte nach dem Orte hin, von welchem aus die Ablenkung erfolgt, ſtets näher liegt, als dem andern Gränzpuncte, nach welchem hin die Ablenkung Statt hat; eben weil der Schließungsdraht durch ſeine ſtets wirkende ablenkende Kraft verhindert, daß die Nadel nach ihm hin ihre Oscillationen ſo weit erſtrecken könne, als ſie nach dem bloßen Gange der Beharrung gethan haben würde (Pfaff Lehrbuch. S. 33).

Berührungsſtelle B des Zinks und Kupfers aus entwickelten Elektricitäten nun durch die verdünnte Säure hindurch nach entgegengeſetzter Richtung den Kreis durchlaufen werden, ſo daß der Strom die durch die Pfeile angedeutete Richtung erhält. Die ſpiralförmige Endigung dient blos dazu, in einem kleinen Raume eine möglichſt große Berührungsfläche beider Metalle mit dem feuchten Leiter hervorzubringen, da dieſer Umſtand, wie ſich in der Folge genauer ergeben wird, die Wirkſamkeit der Kette erhöht, und der verdünnten Säure bedient man ſich deßhalb, weil dieſe ein viel kräftigeres galvaniſches Leitungsvermögen als das Waſſer äußert.

Noch geeigneter als die vorige, iſt folgende Anordnung des Apparats, welche Gilbert angegeben hat *, und die Taf. VIII. Fig. 18 vorgeſtellt iſt. D iſt ein kupferner Kaſten, (etwa 1 Zoll weit, 3 Zoll lang, und 4 Zoll hoch), deſſen ebener Boden ringsum über die Seitenwände (½ Zoll weit) herausragt, ſo daß es mit Sicherheit ſteht **. Dieſer kupferne Kaſten ſtellt die eine Elektromotorplatte dar und wird mit verdünnter Säure gefüllt. Statt der andern Elektromotorplatte dient der dreimal rechtwinklich gebogene breite Zinkſtreifen ABC. Um ihn in metalliſche Verbindung mit dem kupfernen Kaſten zu bringen, ſetzt man letztern auf ein Ende ſeines horizontalen Theils, und läßt das andre vertical abwärts gehende Ende des Streifens in den Kaſten ſelbſt eintauchen, jedoch ſorgſam verhütend, daß er nicht irgendwo an die Innenwand des Kaſtens ſelbſt antreffe, damit der Kreis blos durch die Flüſſigkeit im Kaſten geſchloſſen ſey. Bei α und β bringt man dann wie vorhin Magnetnadeln an. Zweckmäßig iſt es, den Zinkſtreifen breiter als die Länge der Magnetnadel zu nehmen; damit ſie auch bei ihrer größten Abweichung noch ihrer ganzen Länge nach über dem Streifen bleibe.

Steht nun der eine oder andre dieſer Apparate in der Richtung des magnetiſchen Meridians, d. h. ſo, daß die Streifen, auf denen die Nadeln angebracht ſind, mit der Richtung dieſer Nadeln parallel ſind, ſo wird man ſtets im Augenblik, wo der Kreis geſchloſſen wird, eine mehr oder minder ſtarke Ablenkung der Magnetnadel erfolgen ſehen ***.

Man muß ſchließen, daß dieſe Ablenkung durch eine, vom Schließungsbogen ausgehende, Kraft bewirkt wird, welche die Magnetnadel ſenkrecht auf die Richtung dieſes Schließungsbogens, oder des ihn durchlaufenden Stroms, zu drehen ſtrebt, und unſtreitig

---

* Gilb. LXVI. 31.

** Dies iſt in der Figur nicht angegeben.

*** Andre geeignete Vorrichtungen, um die Ablenkung der Nadel durch den horizontalen Schließungsdraht nachzuweiſen, haben ſich beſchrieben von Pfaff in ſ. Elektromagnetismus S. 28, von Munke in Gehlers Wörterb. III. 508, von Sturgeon im Laboratorium. Heft. 8. Taf. XXX. Fig. 7.

wirklich genau in dieſe Richtung drehen würde, wenn nicht die magnetiſche Erdkraft, welche die Nadel im magnetiſchen Meridian zu erhalten ſtrebt, ihr entgegenwirkte, ſo daß die Nadel ſtets, durch den zuſammengeſetzten Einfluß beider Kräfte ſollicitirt, unter einem Winkel ſtehen bleibt, welcher zwiſchen den magnetiſchen Meridian, (in welchem wir den Strom laufend annehmen) und der darauf ſenkrechten Richtung fällt; ſich letztrer aber um ſo mehr nähert, je größer die Wirkſamkeit des elektriſchen Stroms in Verhältniß zur magnetiſchen Erdkraft iſt. Daß wirklich dieſe Annahme einer vom Schließungsbogen ausgehenden, ſenkrecht auf ihn wirkenden, Kraft ſtreng richtig ſey, ergiebt ſich daraus, daß, wenn wir einen der angeführten Apparate ſo ſtellen, daß ſeine Längen-Richtung gleich anfangs ſenkrecht iſt auf die des magnetiſchen Meridians oder der auf ihm angebrachten Nadeln, und daß die Pole der Nadeln nach den Seiten des Drahts liegen, nach denen ſie der Strom ſelbſt zu drehen ſtreben würde, er keine ablenkende Wirkung mehr auf dieſelben äußert, welches nur unter der Bedingung möglich iſt, daß dieſe ſich ſchon in der Richtung, in welcher die Kraft wirkt, ſelbſt befinden.

Wir haben jetzt noch die Seite, nach welcher die Nadel abgelenkt wird, näher zu beſtimmen. Die Erfahrung hat in dieſer Hinſicht zu folgender durchaus allgemeinen Regel geführt: Denkt man ſich einen Beobachter in der Richtung des Stroms ſo liegend, daß der (poſitive) Strom zu ſeinen Füßen ein- und zu ſeinem Kopfe austritt, und daß ſein Geſicht der Magnetnadel zugekehrt iſt, ſo wird der Nordpol der Nadel, d. h. dasjenige ihrer Enden, welches ſie, ſich ſelbſt überlaſſen, nach Norden wendet, jedesmal nach ſeiner linken Hand abweichen.

Wendet man dieſe Regel z. B. auf die Nadeln des Apparats Fig. 18 an, ſo erhellt, daß der Theil C und der Theil A des Schließungsbogens, welche vom Strom in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen werden, die über beiden bei *a* befindliche Nadel nach entgegengeſetzten Richtungen abzulenken ſtreben werden; doch ſo, daß der Theil C wegen größerer Nähe das Uebergewicht behält; daß dagegen, wenn man eine Nadel zwiſchen C und A nach *γ* bringt, dieſe, in entgegengeſetzter Richtung vom Strom durchlaufenen, aber zugleich auch entgegengeſetzt (der eine oberhalb der andre unterhalb) gegen die Nadel angeordneten, Theile ſich in ihrer Wirkung auf die Nadel unterſtützen werden, indem ſie beide ſtreben, dieſelbe nach der nämlichen Richtung abzulenken.

Halten wir letztres Reſultat feſt, ſo ſehen wir uns dadurch zu einem Mittel geführt, die Wirkung eines und deſſelben Stroms auf die Nadel faſt ins Unbeſtimmte zu vervielfachen. Anſtatt nämlich einen Schließungsbogen blos Einmal um die Nadel im Kreiſe herum-

zuführen, wie in Fig. 18. haben wir blos nöthig, dieſe Windungen öfters zu wiederholen, doch ſo, daß wie in Fig. 19, zwiſchen den einzelnen Windungen keine leitende Gemeinſchaft ſey; in die Mitte dieſer Windungen eine Magnetnadel ſchwebend anzubringen, an das eine Ende k des Schließungsdrahtes eine Kupfer-, an das andre z eine Zinkplatte zu befeſtigen, und beide Platten durch ein Gefäß mit leitendem Waſſer oder eine feuchte Scheibe in Verbindung zu ſetzen.

Den erörterten Grundſätzen zufolge wird, von welcher Beſchaffenheit auch der gewundene Schließungsdraht, der die Platten verbindet, ſeyn mag, doch die, von den Platten ausſtrömende, El. ſtets von derſelben Beſchaffenheit ſeyn, als wenn ſie ſich direct berührten, und man wird alſo nur nach ihrer Beſchaffenheit die Richtung des Stroms zu beſtimmen haben, der mithin nach der von uns angenommenen Vorſtellung von der Platte Z aus durch die Flüſſigkeit zur andern Platte K gehen, und von da den Windungen des Drahts folgen wird, um ſo den Kreis zu vollenden. Der Strom wird mithin ſo oft an der Nadel vorbeigehen müſſen, als der Draht Windungen hat, und ſeine Wirkung auf die Nadel wird ſich mithin in entſprechendem Maße vervielfältigen. Wie leicht erhellt übrigens, kann man auch den Schließungsdraht, anſtatt durch ihn die beiden Platten eines einfachen Elektrometers zu verbinden, zur Verbindung der Pole einer Säule anwenden.

Man ſieht leicht ein, daß man die hier angegebene Vorrichtung als ein Galvanoſkop anwenden kann, d. h. als ein Mittel, zu erforſchen, ob zwei gegebene Subſtanzen durch ihre Berührung Elektricität erregen. In der That hat man nur dieſe Subſtanzen durch den gewundenen Draht, innerhalb deſſen eine Magnetnadel aufgehangen iſt, an einer Stelle in Verbindung zu ſetzen, und an einer andern Stelle durch einen feuchten Leiter zwiſchen ihnen zu ſchließen; ſo wird, im Fall ſie wirklich durch ihre wechſelſeitige Berührung El. erregen, dieſe den geſchloſſenen Kreis durchlaufen, und im Vorbeigehen bei der Magnetnadel auf dieſe ihre ablenkende Wirkung äußern; ſelbſt wenn ſie an ſich nur ſehr ſchwach iſt. Aus der Richtung, nach welcher der Nordpol der Nadel abgelenkt wird, wird man dann zugleich ſchließen können, von welcher von beiden Subſtanzen die poſitive, von welcher die negative El. ausgeht; indem man nämlich die oben angegebene Regel über den Bezug der Richtung der Ablenkung der Nadel zur Richtung des Stroms in Anwendung zieht.

Es iſt auf dieſe Weiſe geglückt, die ſtrömende El. bei ſolchen Graden der Schwäche wahrnehmbar zu machen, bei welchen ſie durch kein andres Mittel, als ſehr empfindliche Froſchpräparate würde haben entdeckt werden können. Vor dieſen hat aber unſere Vorrichtung die großen Vorzüge, 1) daß man dieſelbe immer leicht vorräthig haben kann, 2) daß ſie nicht von der veränderlichen Reiz-

barkeit eines organiſchen Individuums abhängig iſt, welche nie eine meſſende Beſtimmung der Wirkungen erlaubt, die dagegen ſehr wohl bei Anwendung unſrer Vorrichtung Statt finden kann, wie wir ſpäter erörtern werden.

Da Schweigger der erſte war, welcher dieſe Vorrichtung und ihren Gebrauch kennen lehrte, ſo führt ſie allgemein den Namen des Schweiggerſchen Multiplicators oder Galvanometers. Sie wird für uns in der Folge von unausgeſetzter Anwendung ſeyn, und es iſt daher von Wichtigkeit, die Bedingungen ihrer zweckmäßigſten Anordnung kennen zu lernen, zu deren Erörterung wir jetzt übergehen.

Zuvörderſt müſſen die Windungen des Drahts von einander iſolirt werden, damit die Elektricität nicht von einer Windung zur andern der Quere nach übergehen könne, weil dies ein wiederholtes Vorbeigehen derſelben bei der Nadel hindern würde. Für die ſchwachen Elektricitätsgrade, mit denen man es hiebei zu thun hat, reicht es hin, den Draht in ſeiner ganzen Länge mit Seide dicht zu überſpinnen, worauf die Windungen einander unmittelbar decken können, ohne daß eine el. Communication zwiſchen ihnen Statt fände. Am beſten dient ein kupferner oder verſilberter Draht * ungefähr von der Dicke des Klavierſaitendrahts. Um die Windungen zu fixiren, wickelt man ſie um einen 3 bis 5 Zoll, je nach der Länge der anzuwendenden Magnetnadel, langen, möglichſt niedrigen **, Rahmen, den man am beſten aus metallnen Leiſten zuſammenſetzt ***. Um die Nadel ſelbſt ſchwebend innerhalb des Rahmens anzubringen; drängt man die Windungen auf dem obern Theile des Rahmens nach zwei Seiten aus einander, und bindet ſie entweder mit Seidenfaden ſo zuſammen, daß eine Oeffnung bleibt, durch die man die an einem Coconfaden hineinhängende Nadel beliebig herausziehen und wiedereinbringen kann, was am meiſten Bequemlichkeit gewährt, oder auch man läßt zwiſchen den Windungen, wo ſie den obern horizontalen Theil des Rahmens decken, ein Glasröhrchen hindurchgehen, durch welches ein, im obern Theil einer Glocke befeſtigter, Coconfaden in den Rahmen hinabreicht und die Nadel trägt. Die Glocke ſelbſt ruht auf einem mit Stellſchrauben verſehenen Unterſatze, auf welchem zugleich der Rahmen, der ſolchergeſtalt von der Glocke bedeckt wird, befeſtigt iſt. Die, von Seide befreiten, Enden des Multiplicatordrahts leitet man durch Löcher, welche in der Glocke oder beſſer in dem Unterſatz angebracht ſind, nach Außen, um ſie

---

* Dieß welcher das größte Leitungsvermögen beſitzt.

** Damit die Windungen der Magnetnadel möglichſt nahe zu liegen kommen.

*** Man kann ſich aber auch eines einfachen hölzernen Rahmens, der in ſeinem Umkreiſe mit einer etwas tiefen Fuge zur Aufnahme der Windungen verſehen iſt, bedienen.

mit den Elektrometerplatten in Verbindung zu ſetzen. Unnöthig iſt es, iſolirende Handgriffe an ihnen anzubringen, da erwähntermaßen die Iſolation oder Nichtiſolation in der Wirkung der geſchloſſenen Kette nichts Merkliches ändert.

Was die Zahl der Windungen anlangt, die man dem Inſtrument zu geben hat, ſo iſt zwar im Allgemeinen Vervielfältigung derſelben von Vortheil, doch hat dieſe ihre Gränzen. Einerſeits nämlich leuchtet ein, daß, wenn man dieſelben bis ins Unbeſtimmte vervielfältigen wollte, die letzten Windungen zu entfernt von der Nadel zu liegen kommen würden, um noch eine merkliche Wirkung darauf zu äußern, andererſeits äußert, wie aus ſpätern Erfahrungen erhellen wird, jeder Leiter gegen den Strom einen um ſo größern Widerſtand, je länger und dünner er iſt; ſo daß die mit der vermehrten Zahl der Windungen zunehmende Länge des Drahts unter gewiſſen Umſtänden die Vortheile der vermehrten Windungen compenſiren kann, Verhältniſſen zufolge, von denen ſpäter die Rede ſeyn wird. Für die gewöhnlichſten Anwendungen wird es am angemeſſenſten ſeyn, den Draht 100- bis 200mal um die Nadel zu winden.

Es iſt vortheilhaft, die Windungen nicht alle in Einer Verticalebene über und unter der Nadel aufzuwickeln, ſondern in einer gewiſſen Breite rechts und links von derſelben zu winden; damit nicht die Wirkung des Drahts in dem Maße, als die Nadel abgelenkt wird, wegen Entfernung der Enden der Nadel ſich ſchwäche.

Hat man zum Zweck, die Ausweichungen der Nadel zu meſſen, ſo läßt ſich leicht eine hiezu geeignete Kreistheilung am Inſtrumente anbringen. Jedoch mag gleich vorläufig bemerkt werden, daß die Ablenkungen der Nadel, die man mittelſt dieſes Inſtruments erhält, in keiner Art der Stärke des Stroms proportional geſetzt werden oder zu ſeinem genauen Maße dienen, ſondern nur größere oder geringere Differenzen in ſeiner Stärke anzeigen können; ſo daß man z. B. zwar wohl mit Beſtimmtheit ſchließen kann, wenn die Nadel einmal um 10°, das andremal um 20° aus dem magnetiſchen Meridian abgelenkt wurde; daß im erſtern Falle ein ſchwächerer Strom auf ſie wirkte, als im letzten Fall, nicht aber, daß die Stärke des Stroms im erſten Fall gerade halb ſo groß war, als im letzten. Bei der gewöhnlichen Einrichtung des Multiplicators läßt ſich auch nicht einmal aus den beobachteten Ablenkungen die Stärke der Kraft, welche auf die Magnetnadel gewirkt hat, auf einfache Weiſe berechnen; da der verſchiedene Abſtand der Windungen von der Nadel dieſe Berechnung zu ſehr complicirt machen würde. Doch giebt es andre Mittel, den Multiplicator zu genauer Meſſung der Kraft des Stroms einzurichten, worauf wir im funfzehnten Capitel beſonders zurückkommen werden.

Im Allgemeinen iſt es vortheilhaft, dem Multiplicator beim Gebrauch, wenn man die durch ihn zu bewirkenden Ablenkungen

beobachten will, die Stellung zu geben, wo ſeine Windungen der Richtung der frei ſchwebenden Nadel gerade parallel laufen. In der That kann nur in dieſer Lage die vom Draht ausgehende, auf ihn ſenkrechte, Kraft in ſenkrechter Richtung auf die Nadel wirken. Stellt man den Multiplicator anders, ſo wird ſie nur mit dem Theil ihrer Intenſität darauf wirken, welcher durch Zerlegung nach der, auf die Nadel ſenkrechten, Richtung hervorgeht. Ueberdieß wird in allen Zwiſchenlagen der Nadel zwiſchen der mit den Windungen parallelen und der darauf ſenkrechten dieſelbe für gleiche Größen aber entgegengeſetzte Richtungen des Stroms ungleiche Ausweichungen machen, denn da ſie durch entgegengeſetzt gerichtete Ströme eine entgegengeſetzte ſenkrechte Lage auf die Windungen des Multiplicators zu erlangen ſtrebt; ſo wird ſie bei ſchiefer anfänglicher Stellung dagegen dieſer Lage bei einer Richtung des Stroms immer näher als bei der andern ſeyn; was nicht der Fall iſt, wenn ſie ſich anfangs genau parallel mit den Windungen befand. Eine ſchiefe anfängliche Lage thut ſomit der Vergleichbarkeit der Wirkungen Eintrag. Dagegen kann es für gewiſſe Beobachtungsarten ſehr vortheilhaft werden, die Nadel gleich anfangs *ganz ſenkrecht* auf die Richtung der Windungen, und zwar ſo zu ſtellen, daß ihre Lage mit der Lage des Gleichgewichts, die ihr der Strom zu ertheilen ſtrebt, zuſammenfällt *. In dieſem Fall kann der Strom zwar nicht ablenkend auf die Nadel wirken; dagegen erhält man dann ein Mittel zur Vergleichung der Stärke des Stroms in der Schnelligkeit der Schwingungen, die die Nadel, künſtlich abgelenkt, vollbringt, um wieder zu ihrer Lage des Gleichgewichts zurückzukehren, ja man kann aus der Zeit, welche die Kraft zur Vollbringung einer gewiſſen Anzahl von Schwingungen unter dieſen Umſtänden braucht, die Kraft des darauf einwirkenden Stroms genau berechnen; wie im funfzehnten Capitel erörtert werden wird. Hier genüge es nur zu bemerken, daß eine größere Schnelligkeit der Schwingungen ſtets auch eine größere Kraft anzeigt.

Ein auf die hier beſchriebene Art vorgerichtetes Inſtrument beſitzt ſchon ſo große Empfindlichkeit, daß, wenn man die Enden ſeines Drahts mit etwa zollgroßen Platten Kupfer und Zink, zwiſchen denen eine Scheibe mit Salzwaſſer oder Dinte befeuchtetes Papier liegt, in Verbindung ſetzt, eine ſtarke Ablenkung wahrgenommen wird. Ja wenn man die Platten größer und zur Leitungsflüſſigkeit mit Säure ſtark verſetztes Waſſer nimmt, ſo kann der erſte Impuls, den die Nadel beim Schließen der Kette erhält, dieſelbe

* Es iſt nämlich auch eine entgegengeſetzte Lage möglich: wo die Nadel in nicht ſtabilem Gleichgewicht wäre, und bei der kleinſten Ablenkung daraus ſich ganz umkehren würde. Dies iſt die Lage, wo ihre Pole anfänglich entgegengeſetzt gegen die Windungen angeordnet lagen, als ſie der Strom nach der S. 76 gegebnen Regel zu richten ſtreben würde.

ſo weit über den Punct ihres nachherigen Gleichgewichts heraustreiben, daß ſie ein- oder mehreremale einen ganzen Kreis durchläuft, wiewohl die Ablenkung, bei der ſie, wenn ſie nach wiederholten Oscillationen zur Ruhe kommt, ſtehen bleibt, nie ganz 90° von ihrer urſprünglichen Richtung beträgt.

In dem Umſtande, daß die Nadel bei jedesmaliger Schließung erſt über den Punct ihres nachherigen Gleichgewichts (vermöge des Beharrungsvermögens) hinausgetrieben wird, hat man ein Mittel, ihre Ausweichungen, wenn ſie nicht ſehr merklich ſind, zu vergrößern. Man hat nämlich nur die Kette in gehöriger, den Schwingungen der Nadel entſprechender, Abwechſelung zu öffnen und wieder zu ſchließen, indem man das eine Drahtende abwechſelnd von der einen Platte trennt und wieder damit in Verbindung ſetzt, oder, wenn die Platten, an den Drahtenden befeſtigt, in eine gemeinſchaftliche Flüſſigkeit tauchen, indem man eine Platte abwechſelnd herauszieht und wieder einſenkt. Dann wird der bei jeder neuen Schließung erhaltene Impuls ſich zur Kraft der frühern Impulſe addiren, und ſo die Ausweichungen der Nadel allmälig immer mehr vergrößern, ohne jedoch auf den endlichen Zuſtand ihres Gleichgewichts, wenn man die Kette zuletzt geſchloſſen läßt, einen Einfluß zu äußern.

Bei der Anwendung dieſes Inſtruments müſſen wir beſtändig den ſchon früher theoretiſch erörterten Satz im Auge behalten, der zugleich durch dies Inſtrument ſeine Beſtätigung finden kann, daß **Zwiſcheneinbringung beliebiger Metalle in die Kette als Zwiſchenglieder zwiſchen die Elektromotorplatten deren Wirkung ungeändert läßt**, indem dieſe jedenfalls blos vom Verhältniß der, durch den feuchten Leiter verbundenen, metalliſchen Endoberflächen zu einander beſtimmt wird. In der That wird man, von welchem Metall der Multiplicatordraht, der nur ein verbindendes Zwiſchenglied der Elektromotorplatten darſtellt, ſeyn mag, die Richtung, nach welcher die Nadel abgelenkt wird, ſtets ſo ausfallen ſehen, wie ſie durch die Beſchaffenheit der darangefügten, mit der Flüſſigkeit in Berührung geſetzten, Endplatten beſtimmt wird; und ſie wird ſich weder in der Größe noch Art ändern, wenn man auch noch andre Metalle zwiſchen Multiplicatordraht und Elektromotorplatten einſchiebt; es wäre denn, daß ſie eine zu große metalliſche Länge darſtellten, wo ſie allerdings vermöge ihrer Dimenſionen ſchwächend einwirken könnten.

Eben ſo kann man ſich leicht mittelſt des Multiplicators überzeugen, daß leitende Berührung oder Iſolation der einzelnen Theile der Kette ohne merklichen Einfluß auf ihre Wirkung iſt, eine Einflußloſigkeit, die ſich auch hinſichtlich aller andern Wirkungen der geſchloſſenen Kette wiederfindet.

So empfindlich und brauchbar jedoch auch die zuvor beſchriebene Einrichtung des Inſtruments ſeyn mag, ſo giebt es doch Mit-

tel, dieſe Vortheile noch in einem hohen Grade zu verſtärken. Wir wollen in dieſem Bezug die ſehr bequeme Einrichtung von Nobili beſchreiben *. Zu ihrem Verſtändniß müſſen wir Einiges vorausſchicken.

Da der Wirkung des Stroms im Schließungsdrahte, welcher die Nadel aus dem magnetiſchen Meridian abzulenken ſtrebt, ſtets die magnetiſche Erdkraft, die ſie darein zurückzuführen ſtrebt, entgegenwirkt, ſo würde man begreiflich ſtärkere Ablenkungen durch das Inſtrument erhalten müſſen, wenn man die Wirkung letzterer Kraft beliebig ſchwächen könnte. Dies aber läßt ſich auf ſehr einfache Weiſe dadurch bewerkſtelligen, daß man zwei Magnetnadeln, einander parallel, an dem nämlichen Stifte, befeſtigt, doch ſo, daß ihre gleichartigen Pole nach entgegengeſetzten Richtungen liegen. (Taf. VIII. Fig. 20). Sind beide Nadeln durchaus gleich ſtark magnetiſirt, ſo wird dieſes Syſtem, wenn es frei aufgehangen iſt, ſo gut als gar keine Wirkung von der magnetiſchen Erdkraft erfahren; weil dieſe den Südpol der einen Nadel allemal nach der entgegengeſetzten Richtung als den Nordpol der andern zu drehen ſtreben wird, und da eine Nadel ſich nicht ohne die andere bewegen kann, ſo werden dieſe Wirkungen ſich ſtets wechſelſeitig aufheben. Sind ſie nicht beide völlig gleich ſtark magnetiſirt, — und in der That iſt dies nicht wohl zu erlangen — ſo wird zwar die Wirkung der Erdkraft auf die ſtärker magnetiſirte vorwiegen, doch aber auf das Geſammtſyſtem beider Nadeln ſich nur mit der Differenz der Stärke äußern können, in der ſie auf jede Nadel für ſich wirkſam geweſen wäre. Dagegen kann man beide Nadeln in Bezug zu den Windungen des Multiplicators leicht ſo anordnen, daß die Wirkungen dieſer Windungen auf beide Nadeln ſich wechſelſeitig unterſtützen; und es reicht zu dieſem Zweck hin, die eine Nadel über, die andre innerhalb den Windungen anzubringen, wovon Fig. 20 das Schema giebt. In der That wird man, wenn man dann auf beide Nadeln die oben (S. 76) angegebene Regel anwendet, finden, daß ſie ſtets beide nach gleicher Richtung durch die Strömung abgelenkt zu werden ſtreben **.

---

* Schweigg. J. XLV. 249.

** Die Dimenſionen, welche Nobili den Theilen ſeines Apparats giebt, welche jedoch nach Umſtänden abgeändert werden können, ſind folgende:

Geſtell, auf welches der Draht gewickelt wird	Länge	= 22 Lin.
	Breite	= 12 —
	Höhe	= 6 —
Nadeln	Entfernung von einander	= 5 Lin.
	Länge	= 22 —
	Dicke	= $\frac{1}{4}$ —
	Breite in der Mitte	= 3 —

Der Multiplicatordraht beſteht aus mit Seide überſponnenem geglühten Kupferdraht von $\frac{1}{4}$ Lin. Dicke. Seine Länge beträgt 29 bis 30 Fuß; er bildet 72 Windungen und bedeckt zweifach das Geſtell ſeiner ganzen Breite nach, welche nur 36 Windungen faſſen kann.

Die Empfindlichkeit eines nach diesem Schema eingerichteten Instruments, selbst die schwächsten galvanischen Ströme bemerklich zu machen, ist wahrhaft bewundernswürdig; und man braucht nur dasselbe mit einem sehr kleinen Plattenpaare Kupfer und Zink, unter Zwischenwirkung sauren Wassers in Verbindung zu bringen, um die Nadeln bei der Schließung mehrmals einen ganzen Kreis durchlaufen zu sehen; und die nachfolgenden Oscillationen sind so lebhaft, daß es scheint, als ob die Nadeln in eine Art von Verzweiflung geriethen.

Es lassen sich noch einige andre Abänderungen an diesem Instrument anbringen, die unter gewissen Umständen räthlich seyn können; jedoch wegen der größern Complication, die sie mit sich führen, und da das Instrument schon ohnedem auf einen außerordentlichen Grad von Empfindlichkeit zu bringen ist, wenigstens zur allgemeinen Einrichtung nicht empfohlen werden möchten.

Eine solche Abänderung ist die, daß man statt einer Nadel innerhalb des Rahmens und einer andern außerhalb desselben, zwei parallele und mit ihren Polen gleichgerichtete Nadeln über einander innerhalb und zwei, jenen entgegengesetzt gerichtete, außerhalb des Rahmens anbringt; weil so die Quantität des Magnetismus, auf welche der Draht wirkt, vergrößert wird. — Ferner, anstatt einen einzigen Multiplicatordraht z. B. von 300 Fuß Länge aufzuwinden, kann es unter gewissen Umständen von Vortheil seyn, mehrere, 2, 3, 4 bis 9 Drähte, jeden von 60 Fuß Länge, parallel mit einander aufzuwinden, deren von Seide befreite Enden zu einem Bündel vereinigt sind *.

Ein solcher, z. B. aus 4 parallelen Drähten gewundener, Multiplicator ist, wie nach spätern Erfahrungen erhellen wird, einem Multiplicator aus einem einfachen Drahte, aber von 4facher Dicke, gleichwirkend. Man hat aber bei Anwendung der 4 einzelnen Drähte den Vortheil, indem man bald blos einen, zwei oder mehr Drähte mit dem Elektromotor in Verbindung setzt, dem Multiplicator beliebig eine verschiedene und den Umständen angemessene Empfindlichkeit zu ertheilen. Auch kann diese Einrichtung bei Vergleichung gewisser Wirkungen dadurch vortheilhaft werden, daß man durch einen oder mehrere der parallelen Drähte, einen Strom von entgegengesetzter Richtung als durch die andern Drähte gehen läßt, und nach der Richtung der Ablenkung der Nadel beobachtet, welcher Strom das Uebergewicht hat **.

---

* Eine Abbildung dieser Einrichtung des Multiplicators findet sich in Pouillet's **Elemens de phys.** I. Taf. V. Fig. 138. Für Verbindung p. 695.

** Hinsichtlich dreifacher Einrichtungen des Multiplicators vergl. nebst Becquerel in **Ann. de Ch. et de Phys. 1827 Janv. 1828** (ausgez. in Schweigg. J. N. R. **XXII. 53**). — Marianini in **Bibl. univ. XXXVIII. 127** (auch in Baumgarten und Ettingsh. Zeitschr. IV. 32). — Kastner's Siderometer in Kastn. Arch. II. 237. — Das Weitläuftige der Marianinischen Einr.

Wenn man die Abſicht hat, ſich viel mit galvaniſchen und elektrochemiſchen Unterſuchungen zu beſchäftigen, ſo iſt räthlich, Multiplicateren von verſchiedener Anzahl der Windungen und verſchiedener Dicke des Drahts vorräthig zu haben, denn es wird aus ſpätern Erörterungen erhellen, daß eine und dieſelbe Einrichtung des Multiplicaters nicht zur Vergrößerung der Wirkungen jeder Art Kette gleich wirkſam ſeyn kann; ſo daß vielmehr jede Art der Kette eigentlich ihren beſonders eingerichteten Multiplicator erfodert, damit ſie die größtmögliche Wirkſamkeit zu erkennen gebe. Es rührt dieß daher, daß der Multiplicatordraht ſelbſt als ein Theil in die Kette tritt, und daß jeder Theil der Kette die Wirkſamkeit derſelben je nach dem Verhältniſſe modificirt, in dem ſein, von Dimenſionen und eigenthümlicher Beſchaffenheit abhängiges, Leitungsvermögen zu dem Geſammtleitungsvermögen aller Theile zuſammengenommen in der Kette ſteht, wie ſpäter ausführlicher nachgewieſen werden wird. Hier wollen wir nur vorläufig anführen, daß nach den dort zu entwickelnden Grundſätzen die Zahl der Windungen des Multiplicatordrahts um ſo größer ſeyn muß, je größer die Anzahl der Plattenpaare iſt, aus welchen die zu prüfende Kette beſteht, wenn man das Maximum der Wirkung erlangen will, ferner je größer der Widerſtand iſt, den die flüſſigen oder andern Leiter gegen den Durchgang des Stroms in der Kette äußern *. Dagegen wird es um ſo vortheilhafter ſeyn, dicke oder mehrere parallele Drähte, aber keine ſo große Anzahl der Windungen anzuwenden, wenn man es mit einfachen Ketten von verhältnißmäßig gut leitender Flüſſigkeit zu thun hat **.

Nachdem die Verſtärkung der Wirkung des galvaniſchen Stroms durch den Multiplicator bekannt war, war es wichtig, zu beſtimmen, wie dieſe Verſtärkung mit der Zahl der Windungen zunimmt. Kämtz hat ſich das Verdienſt dieſer Beſtimmung erworben ***. Zu dieſem Zweck nahm er einen dünnen Multiplicatordraht von

---

richtung beſteht darin, daß die Magnetnadel in dem Maße als ſie abgelenkt wird, immer wieder von Neuem eine Drahtwindung trifft, die ihr parallel iſt, und deren Kraft mithin ſenkrecht auf ſie wirkt; was Marianini dadurch erreicht, daß er alle Fäden, ſowohl die über als unter der Nadel weggehen, ſich in der Mitte durchkreuzen läßt. — Vgl. auch Nobili Vergleichung der Empfindlichkeit des Multiplicaters mit zwei Nadeln und der Froſchſchenkel in **Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 225.** Nobili zeigt hier, daß ſelbſt der empfindlichſte Multiplicater, den es bis jetzt geglückt iſt, zu conſtruiren, doch den Froſchſchenkeln an Empfindlichkeit für ganz ſchwache Ströme noch nachſteht.

* Z. B. je kleiner die ſogenannten erregenden Oberflächen, je größer ihr Abſtand in der Leitungsflüſſigkeit von einander und je ſchlechter das eigenthümliche Leitungsvermögen der letztern iſt.

** Bei großen Platten und ſtarker Leitungsflüſſigkeit gewährt ſogar ein einfacher dicker Schließungsdraht eine ſtärkere Wirkung, als ein Multiplicatordraht von vielen Windungen.

*** Schweigg. J. N. R. VIII. 100.

gleichbleibender Länge, den er successiv ein-, zwei-, bis 12 Windungen um eine Nadel machen ließ, die wegen der Dünne des Drahts als in gleichem Abstand davon befindlich angenommen werden konnten. Er beobachtete nun die verschiedenen Ablenkungen, welche die Nadel mittelst desselben Elektromotors hiebei erfuhr und berechnete aus diesen Ablenkungen die Kraft, welche jedesmal auf die Nadel gewirkt hatte, wozu wir selbst späterhin die Mittel angeben werden. So fand er, daß die Kraft des Multiplicators in einfachem Verhältniß mit der Zahl seiner Windungen zunahm. Es ist aber gar wohl zu bemerken, daß dieses Resultat 1) nur für eine gleichbleibende Länge des Drahts gilt, nicht aber, wenn mit der Zahl der Windungen zugleich die Länge des Drahts zunimmt; 2) nur für den Fall, wo die letzten Windungen nicht merklich entfernter als die ersten von der Nadel liegen. Da beide Bedingungen bei der gewöhnlichen Construction der Multiplicatoren nicht erfüllt werden, so darf man auf diese auch das so eben angegebene Gesetz nicht anwenden, und hier wird die Verstärkung nur in einem geringern Verhältniß als der Zahl der Windungen wachsen können.

Wir wollen bei dieser Gelegenheit erwähnen, daß es unter Anwendung des Nobilischen Multiplicators auch gelingt, eine Ablenkung der Magnetnadel durch continuirliche Ströme gewöhnlicher Reibungselektricität hervorzurufen; nur daß man die Windungen des Multiplicators in diesem Falle weit sorgsamer isoliren muß, als für die Berührungselektricität, wozu ein einfaches Ueberspinnen mit Seide nicht hinreicht *. Colladon gelangte auf folgende Weise zum Zweck: Er setzte das Drahtende eines Multiplicators (von 100 Windungen mit 2 Magnetnadeln) in Verbindung mit dem äußern Belege einer geladenen Leydner Batterie von 30 Flaschen (welche 4000 Q. Z. Fläche darboten), während das andre Ende, mit einer Spitze versehen, die El. vom Knopfe des innern Beleges ableitete. Die Nadel begann abzuweichen, sobald als die Spitze sich 4 bis 5 Centimeter vom Knopfe befand. Die Abweichung stieg, bei größerer

---

* Auf der Vernachlässigung dieser Vorsichtsmaßregel und der Anwendung minder empfindlicher Multiplicatoren beruhte es unstreitig, daß alle frühere, in diesem Bezug angestellte, Versuche ohne Erfolg blieben. Bei Anwendung einfacher Drähte ist es bis jetzt überhaupt noch nicht geglückt, durch Strömungen von Reibungselektricität Ablenkung der Nadel hervorzurufen. Ampère sucht den Grund von der mindern Wirksamkeit selbst starker Reibungselektricität in diesem Bezug darin, daß dieselbe nie so continuirlich, sondern gewissermaßen mehr in kleinen aufeinanderfolgenden Absätzen entwickelt wird, als die Reibungselektricität. — Vgl. über die frühern mißlungenen Versuche: Pfaff in s. Elektromagnetismus. 184. — Bischof in Kastn. Arch. I. 1. — Dulk ibid. 49. — Oersted in Schweigg. J. XXIX. 365. — Schweigger in Schweigg. J. R. R. I. 5. — Raschig in Gilb. LXVII. 428. — Yelin ibid. LXVIII. 21. — Ampère ibid. LXIX. 89. — Ueber gelungene Versuche vergl. Colladon in Schweigg. J. R. R. XVIII. 285. — Körrenberg in Baumg. u. Ett. Zeitschr. III. H. 3. — Restmann in Kastn. Arch. XIV. 388.

Annäherung, einigemal bis zu 40° und dauerte etwa 5 Secunden. Jedenfalls war die Art der Abweichung ſo, wie ſie der, in Bezug zu den galvaniſchen Strömen angegebenen, Regel zufolge ſeyn mußte. Bei Anwendung eines Multiplicators von 500 Windungen, deſſen Draht doppelt mit Seide überſponnen, und bei welchem jede Reihe der obern Windungen von den darunter liegenden durch Wachstaffet getrennt war, erhielt Colladon ohne Vergleich ſtärkere Wirkungen, und zwar ſchon mit einer einzigen Leydner Flaſche von 1 Quadratfuß. Auch als die beiden Enden des Multiplicators an dem poſitiven und negativen Leiter einer Cylinder-Elektriſirmaſchine befeſtigt wurden, wich die Nadel ab, ſobald man zu drehen anfing, und erlangte eine conſtante Abweichung von 35° bis 36°, die durch Veränderung in der Geſchwindigkeit des Drehens der Maſchine beliebig vermehrt oder vermindert werden konnte. Auch durch Strömungen atmoſphäriſcher Elektricität bewirkte Colladon ähnliche Ablenkungen.

Zehntes Capitel.

Allgemeine Betrachtungen der übrigen Wirkungen der geſchloſſenen Kette.

In den im vorigen Capitel betrachteten Erſcheinungen lernten wir Wirkungen der geſchloſſenen Kette kennen, welche auf außerhalb des Schließungskreiſes befindliche Körper geäußert wurden. Sie betrafen ſämmtlich Wirkungen auf Magnetnadeln, da es in der That bis jetzt noch nicht geglückt iſt, eine Wirkſamkeit der geſchloſſenen Kette auf andre, als magnetiſche oder des Magnetismus fähige Körper nachzuweiſen, wenn ſie nicht in ihrem eignen Kreiſe oder dem Kreiſe einer andern Kette enthalten ſind. Dagegen vermag die geſchloſſene Kette ſehr auffallende Wirkungen auf Theile jeder Art, wofern ſie nur die Strömung der El. nicht unterbrechen, zu äußern, wenn ſie als leitende Zwiſchenglieder in die Kette ſelbſt gebracht werden, ſo daß die elektriſche Strömung genöthigt iſt, ſie zu durchlaufen. Wir machen die hauptſächlichſten dieſer Wirkungen hier nur einigen Beiſpielen nach namhaft, um uns im Folgenden darauf beziehen zu können, da eine ausführliche allgemeine Erörterung derſelben füglicher erſt dann gegeben wird, wenn wir uns zuvor über die Umſtände belehrt haben, von welchen die Verſtärkung und Schwächung des Stroms in den Ketten im Allgemeinen abhängt.

Am füglichſten laſſen ſich die hieher gehörigen Erſcheinungen unter 4 Rubriken bringen. Die erſte betrifft Bewegungen, in welche die verſchiedenen Theile der feſten oder flüſſigen Leiter, welche die Kette ſchließen, gerathen, wenn ſie in gewiſſe Verhältniſſe zu

einander geſetzt werden. Die Betrachtung dieſer Bewegungen (der elektrodynamiſchen Erſcheinungen nach Ampère) übergehen wir indeß hier ganz, da ſie ſich paſſender der Lehre vom Elektromagnetismus, der wir einen beſondern Abſchnitt widmen werden, anſchließen laſſen. — Die zweite betrifft die chemiſchen Wirkungen der geſchloſſenen Kette, von welchen es in Bezug auf das Folgende hinreichen wird, eine einzige Erſcheinung als Beiſpiel namhaft zu machen: Wenn man die Leitungsdrähte einer Volta'ſchen Säule in ein gemeinſchaftliches Gefäß mit Waſſer leitet, ſo daß ſich ihre Spitzen darin nahe ſtehen, ohne ſich zu berühren, ſo bemerkt man, daß ſich von dieſen Drähten Gasblaſen erheben, die ſich bei näherer Unterſuchung als Waſſerſtoff- und Sauerſtoffgas zu erkennen geben, und von Zerſetzung des zugleich daher verſchwindenden Waſſers herrühren. Das Quantum dieſer Waſſerzerſetzung wächſt mit der Wirkſamkeit der Kette.

Als eine dritte Claſſe laſſen ſich die Glühungs- und Verbrennungserſcheinungen anſehen, von denen als Beiſpiel angeführt werden mag, daß, wenn man ein großes Plattenpaar oder eine Säule aus großen Plattenpaaren durch einen dünnen und nicht zu langen Metalldraht ſchließt, dieſer dabei, nach Beſchaffenheit ſeiner Materie, in lebhaftes Glühen geräth oder ſelbſt verbrannt wird und zerſtiebt.

Die vierte Claſſe endlich machen die phyſiologiſchen Wirkungen aus, von denen ſchon in der Einleitung die Zuckungen der Froſchſchenkel erwähnt worden ſind; hier fügen wir noch als ein anderes Beiſpiel hinzu, daß, wenn man die entgegengeſetzten Pole einer Säule von 80 bis 100 Plattenpaaren mit gut befeuchteten Händen berührt, ſo daß mithin die Säule durch die Organe des Körpers geſchloſſen wird, im Augenblicke der Schließung ein nach Beſchaffenheit der Stärke der Säule ſtärkerer oder ſchwächerer Schlag in den Händen und ſelbſt bis in Arme und Bruſt empfunden wird.

Von allen dieſen Wirkungen werden wir ſpäter ausführlicher in beſondern Capiteln handeln.

Eilftes Capitel.

Unipolare Leiter *.

Erman hat an gewiſſen Körpern eine ſonderbare, bis jetzt mit andern Umſtänden noch nicht ſicher in Beziehung zu ſetzende,

---

* Literatur. — Erman in Gilb. XXII. 13 (wichtigſte Abhandlung). — Prechtl in Gilb. XXXV. 97. — Brande in Gilb. LII. 353. — Cen-

Eigenſchaft entdeckt, zufolge deren der Uebergang von den metalliſchen Polen der Säule zu dieſen Körpern für die eine Art El. erſchwerter ſcheint, als für die andre, ſo daß ſie unter gewiſſen Umſtänden für die eine Art der El. iſolirend wirken, während ſie die andre Art der El. abzuleiten vermögen *. Nach der Eigenſchaft, vorzugsweis die poſitive oder negative El. abzuleiten, theilt Erman dieſe Art Leiter in poſitiv-unipolare Leiter, wohin die Flammen aller ſehr waſſerſtoffreichen Körper, z. B. des Alkohols, der fetten und äth. Oele, des Wachſes, Kamphers, der Harze u. ſ. w. und des Waſſerſtoffgaſes ſelbſt gehören; und in negativ unipolare Leiter, wohin der ganz trockne Eiweisſtoff, die ganz trockne alkaliſche Seife, die Flamme des Phosphors gehören. Wir wollen zuerſt die Thatſachen ſelbſt ſprechen laſſen, alsdann die Erörterungen, die etwa daran geknüpft werden können, hinzufügen.

Erman iſolirt eine Säule, welche mit einer gut leitenden Flüſſigkeit geſchichtet iſt, und aus ſo viel Plattenpaaren beſteht, daß ſie auch ohne Anwendung des Condenſators an ihren Polen im ungeſchloſſenen Zuſtande elektroſkopiſche Erſcheinungen zeigt **, und bringt jeden ihrer Pole mit einem ſehr empfindlichen Goldblattelektroſkop in Verbindung, wo dann jedes Elektroſkop den Grad der Divergenz annimmt, der durch die Anzahl der Plattenpaare bedingt wird, und wobei der el. Nullpunct ſich in der Mitte des Apparats befindet.

Darauf nimmt er ein prismatiſches Stück recht trockner *** alkaliſcher Seife und ſteckt in eins ſeiner Enden einen Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung ſteht. Berührt er nun mit dem andern Ende einen von beiden Polen der Säule, ſo wird dieſer ſogleich entladen; die Divergenz des daſelbſt befindlichen Elektroſkops wird null; dagegen nimmt die Divergenz des Elektroſkops am andern Pole zu. Alles zeigt ſich ſo, als wenn der, vom Seifenprisma berührte, Pol mit dem Boden in leitender Verbindung geſtanden hätte, und der Erfolg iſt hier für einen Pol der nämliche, als für den andern.

Während nun die Säule noch iſolirt bleibt, und die Divergenz der Elektrometer ſich wiederhergeſtellt hat, ſchließe man den Kreis

---

figliachi und Brugnatelli in Gehlen J. VIII. 819. — Pohl in ſ. Verſ. der galv. Kette. 230. — Pfaff in Kaſtn. Arch. XI. 394. — Biot in Bullet. des sciences. 1816. 103. — Becquerel in Pogg. Ann. XI. 439.

* Die Umſtände der Verſuche ſelbſt werden in der That lehren, daß das Phänomen der unipolaren Leiter nicht ſo wohl, wie man in der Regel anzunehmen ſcheint, in einem ungleichen Widerſtande beim Durchgang der Elektricität durch dieſelben, ſondern vielmehr beim Uebergang der El. zu ihnen von den metalliſchen Polen beruhe.

** Man kann ſich, wenn man den Condenſator anwendet, auch kleinerer Säulen zu dieſen Verſuchen bedienen, wie Configliachi und Brugnatelli gelehrt, die nur 12 Plattenpaare anwendeten.

*** Schon eine geringe Feuchtigkeit hindert den Erfolg dieſer Verſuche.

zwiſchen den Polen durch das nämliche Stück Seife, indem man in die beiden Enden deſſelben Metalldrähte * ſteckt, die ſich nach beiden Seiten zu den Polen begeben. Ungeachtet dieſer Verbindung werden die Elektroſkope noch wie zuvor divergiren, ſo daß die Seife hier als Nichtleiter zu wirken ſcheint.

Hat man ſich aber von dieſer Iſolirung vollkommen überzeugt, ſo berühre man die Seife einen Augenblick mit einem Metalldraht, der mit dem Boden in Verbindung ſteht; ſogleich wird das Elektrometer am negativen Pol zuſammenfallen und das am poſitiven das Maximum der Divergenz erlangen. Die Seife erhält alſo ihr Leitungsvermögen jetzt wieder, aber blos um die negative El. abfließen zu laſſen; und immer iſt es dieſe, die ſie vorzugsweiſe durchläßt, ſelbſt wenn man ſie ganz nahe an dem Draht berührt, der ſich zum poſitiven Pol der Säule begiebt. Dieſer bleibt darum um nichts minder iſolirt.

Man erhält den auffallendſten Beweis dieſer paradoxen Eigenſchaft, wenn man, während die Seife die Verbindung zwiſchen beiden Polen der Säule herſtellt, mit benetztem Finger zugleich den negativen, in die Seife gehenden, Polardraht und die Seife ſelbſt berührt. Man wird keinen Schlag erhalten, und die Elektrometer zeigen nicht die mindeſte Aenderung in ihren reſpectiven Divergenzen; das poſitive bleibt null, und das negative erreicht das Maximum eben ſo, wie durch bloße Anlegung der Hand an die Seife. Wiederholt man aber dieſen Verſuch ſo, daß man mit benetzten Fingern am poſitiven Drahte und an der Seife ſchließt, ſo erhält man einen Erſchütterungsſchlag, die Elektrometer fallen zuſammen und der Kreis iſt geſchloſſen.

Man unterbreche die Continuität eines der in der Seife befeſtigten Drähte, und ſchalte darin einen Waſſerzerſetzungsapparat ein. So lange die Poldrähte lediglich durch die trockne Seife mit einander in Verbindung ſtehen, findet keine Waſſerzerſetzung Statt; denn alle Strömung iſt ſo gut als unterbrochen. Befeuchtet man nun einen kleinen Schwamm oder eine Tuchſcheibe mit Waſſer, und legt ſie ſo an den negativen Polardraht, daß ſie zugleich die Fläche der Seife berührt, ſo bleibt alles wie zuvor; es findet keine Gasentwickelung Statt. Sobald man aber den feuchten Leiter zwiſchen den poſitiven Draht und die Subſtanz der Seife andrückt, ſo ſtellt ſich augenblicklich die Waſſerzerſetzung mit voller Energie ein, und die Elektrometer bezeugen zugleich, daß die Dazwiſchenkunft des feuchten Leiters jetzt den vollkommenſten Durchgang der poſitiven El. und Neutraliſation mit der negativen verſtattet. Zu dieſer Umwandlung iſt die geringſte Quantität Feuchtigkeit ſchon hinreichend; daher auch das Erforderniß, die Seife ganz trocken anzuwenden, wenn man wirklich die Zeichen der Unipolarität beobachten will.

* Sie können von Platin oder von oxydirbaren Metallen ſeyn.

Erman hat noch mehrere belehrende Verſuche in Bezug auf dieſe Unipolarität der Seife beſchrieben *, deren Erfolg ſich jedoch nach den vorſtehenden von ſelbſt vorausſehen läßt; blos eine Art, wie ſich ſelbſt mittelſt der einfachen Kette die Unipolarität der Seife höchſt befriedigend darthun läßt, mag hier noch angeführt werden. Sie rührt von Pfaff ** her.

Man ſchichte eine einfache Kette ſo, daß man zu unterſt auf einem Tiſch eine Zinkplatte, darauf eine feuchte Pappe, dann eine nach der Größe der Platte zugeſchnittene Platte trockener Seife und hierauf eine Kupferplatte legt. Daneben ſchichte man eine ähnliche Kette, aber ſo, daß zu unterſt Zink, dann feuchte Pappe, dann Seife und dann Kupfer folgt. Man ſchließe nun abwechſelnd beide Ketten mit dem Multiplicator: wenn auch anfangs beide Ketten unwirkſam erſcheinen, ſo wird doch nach und nach die zweite wirkſam auf den Multiplicator werden, die andere aber unwirkſam bleiben.

Die zuletzt angeführten Verſuche lehren offenbar, daß die Seife keineswegs der poſitiven El. den Durchgang durch ihre Subſtanz verwehrt, wenn ſie einmal den Uebergang zu ihr gefunden hat, da es nur darauf ankommt, ihre Verbindung mit dem poſitiven Polardraht durch einen feuchten Leiter herzuſtellen, damit die poſitive El. eben ſo gut den Weg durch ſie finde, als die negative. Wir müſſen daher ſchließen, daß die Berührung der Seife mit dem Metall einen eigenthümlichen Widerſtand des Uebergangs bedinge, der ſtärker für die poſitive als für die negative El. in der Richtung vom Metall zur Seife ſey.

Wenn wir andererſeits ſehen, daß, im Fall beide Pole der Säule durch trockne Seife in Verbindung ſtehen, das Elektrometer am negativen Pole eben ſo gut ſeine Divergenz behält, als am poſitiven, ſo ſcheint mir dieſer Umſtand nicht anders gedeutet werden zu können; als daß die negative El. eine eben ſo große Schwierigkeit findet, von der Seife zum Metall überzugehen, als die poſitive, von dem Metall zur Seife. Widrigenfalls nämlich müßte die durch die Seife ſich bis zum poſitiven Pol hindurch fortpflanzende negative El. eine wechſelſeitige Neutraliſation hervorrufen.

Man wird dieſe Annahme noch mehr gerechtfertigt finden, wenn man den Erfolg nachſtehenden Verſuches von Erman erwägt.

Man bringe zwei abſolut trockne und iſolirte Maſſen Seife A und B (Taf. VIII. Fig. 21), jede mit einem der Polardrähte der Säule in Berührung und ſetze durch einen metallenen Bogen C die beiden Maſſen in leitende Gemeinſchaft. Die Elektrometer zeigen alsdann eine vollkommene Iſolation beider Pole an, und die ableitende Berührung irgend eines der Seifenſtücke oder des vermittelnden

* Gilb. XXII. 86 ff.
** Kaſtn. Arch.

den metallnen Bogens entladet den negativen Pol * und bringt den positiven auf das Maximum der Divergenz. Legt man nun einen feuchten Leiter so an, daß er den positiven Polardraht und die Seife A zugleich berühret, so zeigt das Elektrometer, daß die ganze Masse A nebst dem vermittelnden Metallbogen dem positiven Pole zugehört, da die Berührung dieser Theile das positive Elektrometer entladet und das negative auf das Maximum der Divergenz bringt. Die ganze Seifenmasse B aber gehört dem negativen Pole an und wirkt umgekehrt auf die Elektrometer. Dieser Gegensatz beider Elektrometer hört augenblicklich auf und es findet Schließung des Kreises und wirksame Strömung mit allen ihren Zeichen Statt, wenn ein zweiter feuchter Leiter da angebracht wird, wo der vermittelnde metallne Bogen die Masse B berührt.

Verwunderung darf es endlich nicht erregen, warum, während die an beiden Seiten trockne Seife als Isolator zwischen beide Pole tritt, sie doch, an jedem Pol einzeln angebracht, sich als vollkommener Ableiter für denselben verhält.

Denn dieses kommt ganz auf dem früher erörterten Umstand zurück, warum ein langer feuchter Leiter zwischen die Pole einer Säule gebracht diese zu isoliren scheint, während er an jedem einzelnen Pol angebracht diesen vollkommen ableitet. Es reicht in diesem Bezug hin, anzunehmen, daß der Uebergang der Elektricitäten zwischen Seife und Metall nicht absolut verhindert, sondern nur so erschwert ist, daß sich nicht alle El. in dem Maße als sie sich in der Säule entwickelt und an den Polen ansammelt, durch die Berührungsstelle der Seife mit dem Metall hindurch schnell genug vereinigen kann; während diese Schwierigkeit bei der Ableitung blos Einen Pols nach S. 28 nicht in Betracht kommt; da die Ableitung doch jedenfalls dann unendlich größer für den abgeleiteten als für den isolirten Pol bleibt. Es findet sogar ein directer Beweis für diese Annahme Statt; indem nach Biot's Versuchen das nämliche Seifenprisma, welches die Pole einer Säule, in der gute Leitung Statt findet, zu isoliren scheint, wenn es zur Verbindung ihrer Pole gebraucht wird, dagegen die Vereinigung der ganzen Polarelektricitäten einer minder gut leitenden Säule, wie einer mit Kleister errichteten, durch sich hindurch gestattet, so daß sich der Condensator bei Berührung ihrer Pole gar nicht mehr ladet **. Auch ist nach Configliachi und Brugnatelli die Spannung

---

* Nach Configliachi und Brugnatelli bleibt jedoch auch im negativen Pole noch ein schwacher, durch den Condensator bemerklich werdender, Rückstand von Spannung.

** Die Alkoholflamme, in den Verbindungskreis beider Pole dieser nämlichen Säule gebracht, bewirkt nach Biot keine so vollständige Neutralisation derselben; leistet also einen noch stärkern Widerstand des Uebergangs als die Seife.

an den Polen einer, mit noch ſo trockner Seife geſchloſſenen, Säule nie ſo ſtark, als bei einer, deren Pole iſolirt ſind.

Wir wiſſen nicht anzugeben, worin der ungleiche Uebergangswiderſtand begründet liege, den die beiden Elektricitäten in der Berührungsſtelle der Seife und andrer Körper mit den Metallen erfahren. Möglich iſt allerdings, daß er mit dem elektromotoriſchen Verhältniß dieſer Körper zu den Metallen in Beziehung ſtehe; denn die elektromotoriſche Kraft ſelbſt, welche vorzugsweis die eine El. auf den einen, die andre auf den andern Körper überzutragen oder darauf feſt zu halten ſtrebt, läßt ſich von einer andern Seite als ein Widerſtand betrachten, welcher in Wirkung tritt, wenn Elektricitäten nach einer dieſer Kraft widerſtreitenden Richtung zwiſchen den Körpern überzugehen ſtreben. Nur könnte dann dieſer Widerſtand ſelbſt keine größere Wirkung äußern, als die Größe der elektromotoriſchen Kraft, von der er abhängt, beträgt, und es iſt ſchwer denkbar oder es läßt ſich vielmehr durch directe Verſuche widerlegen, daß die elektromotoriſche Kraft zwiſchen Seife und Metall der Kraft, die durch eine ſo große Anzahl Schichtungen entwickelt wird, ſollte das Gleichgewicht halten können. Daher kann dieſe Erklärung, die Configliachi, Brugnatelli und Brande in Anregung gebracht haben *, vor der Hand noch nicht für genügend angeſehen werden.

Einige andre, noch ungenügendere, Erklärungen glaube ich mit Fug übergehen zu können.

Wie die Seife wirkt angegebener Maßen auch die Flamme des Phosphors und der trockne Eiweisſtoff ** negativ unipolar. Werden jedoch dem Phosphor waſſerſtoff- oder kohlenſtoffhaltige Subſtanzen, z. B. Kampher oder ätheriſche Oele, ſo zugemengt, daß ſie zugleich mit brennen, ſo ertheilen ſie augenblicklich der Flamme des Phosphors die Eigenſchaft, poſitiv unipolar zu werden.

Die Flamme des reinen Schwefels verhält ſich nicht als unipolar, ſondern als Iſolator in jeder Hinſicht. Die Flammen waſſerſtoffreicher Körper ſind erwähntermaßen poſitiv unipolar; d. h. es findet bei ihnen ein erſchwerter Uebergang der negativen El. vom Metall zur Flamme Statt.

Die Verſuche mit den Flammen werden übrigens ganz auf ähnliche Art, als mit der Seife angeſtellt, indem man ſie mit den Po-

---

* In der That iſt die Anſicht, daß die El. des einen Pols durch das elektrometoriſche Verhalten zur Seife neutraliſirt werde, im Grunde die nämliche.

** Es hält ſchwer dem Eiweisſtoff den günſtigſten Grad der Trockenheit genau zu treffen. Erman giebt folgende Anleitung, ihn zu obigem Zweck vorzurichten. Man verdicke das Eiweis durch anhaltendes Kochen des Eies in Waſſer, ſondre das concrete Albumen ab, und laſſe es noch ferner 6 bis 7 Tage an der Luft eintrocknen, bis die Maſſe dem Bernſtein an Härte und Durchſichtigkeit, nicht aber an Sprödigkeit, ähnlich geworden iſt.

larbrähten und ableitenden Drähten in Verbindung bringt, und geben hiebei analoge Reſultate.

Ueber die Unipolarität des Daryʼſchen Glühlämpchens und metalliſcher Drähte überhaupt bei hohen Temperaturen, verweiſe ich auf Becquerel's Abhandlung.

Zwölftes Capitel.

Ueber Umkehrungen der Polarität in der Kette durch die Beſchaffenheit der ſchließenden Flüſſigkeit.

Wir haben in unſerer bisherigen Theorie der Kette die Flüſſigkeit nur als Leiter betrachtet, ohne eine elektromotoriſche Wirkſamkeit derſelben auf die Metalle in Rückſicht zu ziehen. Einige Umſtände ließen jedoch den Schluß ziehen, dieſe Vorausſetzung könne nicht allgemein gültig ſeyn, vielmehr, wenn auch in den meiſten Fällen ſich die elektromotoriſche Wirkſamkeit der Flüſſigkeiten auf die Metalle vernachläſſigen ließe, ſo könne dies doch nicht in allen Fällen geſchehen. Dieſe Umſtände liegen in folgenden Erfahrungen.

Wenn man eine Säule aus Eiſen und Kupfer mit gewöhnlichen Salz- oder Säureauflöſungen auf gewöhnliche Art ſchichtet, ſo ergiebt ſich aus dem elektromotoriſchen Verhältniß des Eiſens zum Kupfer, daß das Eiſen den poſitiven und das Kupfer den negativen Pol der Säule bilden muß, und dies findet ſich durch die Erfahrung beſtätigt. Man ſchichte aber jetzt dieſe Säule anſtatt mit einer der genannten Auflöſungen, mit concentrirter Schwefelleberlöſung, ſo wird umgekehrt der poſitive Pol auf die Seite des Kupfers, der negative auf die Seite des Eiſens fallen. Daſſelbe Ergebniß erhält man, wenn man ſtatt Kupfer Silber nimmt, oder ſtatt Eiſen Wismuth. Auch bieten noch mehrere andere ſtark eingreifende Flüſſigkeiten ähnliche Anomalieen dar.

Man kann die Umkehrung der Polarität, welche die Beſchaffenheit der Flüſſigkeit in dieſem Falle bewirkt, noch einfacher dadurch nachweiſen, daß man Eiſen und Kupfer an den Enden des Multiplicatordrahts erſt in eine ſaure oder Salzauflöſung, dann nach zuvoriger Reinigung, in eine concentrirte Schwefelleberlöſung eintaucht. Die Ablenkung der Magnetnadel wird ſich in dieſen beiden Fällen entgegengeſetzt verhalten.

Bei dieſen Verſuchen mit Schwefelleberlöſung nun, ſagt man, gewinnt die Elektricität, welche die Flüſſigkeit durch Berührung mit dem Metall erregt, die Oberhand über diejenige, welche die Metalle unter einander erregen, und bewirkt dadurch, weil ſie ihnen entgegengeſetzt iſt, eine Umkehrung der Strömung.

Man überſahe indeß, daß bei dieſen Verſuchen die Metalle ſelbſt nicht unverändert bleiben, ſondern daß ihre Oberfläche durch die

chemiſche Einwirkung der Flüſſigkeit eine Alteration erfährt, welche möglicherweiſe die Umkehrung veranlaſſen konnte. Daß in der That dem ſo ſey, habe ich ſelbſt durch eine Reihe Verſuche nachgewieſen *, von denen das Weſentlichſte hier folgen wird. Als Geſammtreſultat derſelben ergiebt ſich, daß die Flüſſigkeiten überhaupt nur in ſo fern die Polarität einer Kette umzukehren vermögen, als ſie die Metalle derſelben in der Art verändern, daß dieſe Umkehrung vom hiedurch zugleich veränderten elektromotoriſchen Verhältniß der Metalle gegen einander abhängig gemacht werden kann. Wenn uns daher in der Folge nicht andere Gründe nöthigen ſollten, eine elektromotoriſche Wirkung der Flüſſigkeiten auf die Metalle der Kette anzunehmen, ſo werden wir in den hier angeführten Erfahrungen nicht nur keinen Grund dazu finden, ſondern vielmehr eine noch größere Berechtigung zur Vernachläſſigung derſelben.

Avogrado ** machte zuerſt die Beobachtung, daß manche Ketten aus zwei feſten und einem flüſſigen Leiter während des Geſchloſſenſeyns der Kette ſelbſt die Pole umkehrten. Er fand nämlich, daß folgende Metallpaare

Blei und Wismuth,
Blei und Zinn,
Eiſen und Wismuth,
Kobalt und Antimon,

beim Eintauchen in concentrirte Salpeterſäure im erſten Augenblicke eine entgegengeſetzte Ablenkung der Nadel bewirken, als einige Augenblicke nachher; daß dieſe Umkehrung nicht in verdünnter Salpeterſäure Statt findet, und daß, was wohl zu bemerken iſt, der Effect im erſten Augenblicke des Eintauchens in concentrirter Säure der nämliche iſt, als derjenige, den man bleibend in verdünnter Säure beobachtet.

Wenn ſich nun von dieſen Umkehrungen nicht wohl ein andrer Grund denken ließ, als eine ſchnell erfolgende Veränderung der metalliſchen Oberflächen durch den feuchten Leiter der Art, daß das eine Metall nun zum poſitiven, das andere zum negativen Gliede des Elektrometers wird, während ſie vorher das umgekehrte Verhältniß hatten ***, ſo ließ ſich auch als möglich denken, daß in den oben angeführten Fällen, wo die Schwefelleberlöſung ſofort eine Umkeh-

---

* Schweigg. J. LIII. 61. 129.

** Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 361.

*** Mehrere leiten allerdings die erfolgende Umkehrung davon ab, daß die Flüſſigkeit einige Zeit brauche, ihre elektrometriſche Wirkſamkeit im vollen Grade auf das Metall zu ändern. Allein abgerechnet, daß zuweilen dieſe Umkehrungen erſt nach ziemlich bedeutender Zeit erfolgen, ſo ſcheint auch damit nicht vereinbar, daß die Kraft einfacher Ketten unter allen Umſtänden im erſten Augenblicke des Schließens am ſtärkſten iſt, und von da an allmälig abnimmt (wie in der Folge nachgewieſen werden wird), welches anzuzeigen ſcheint, daß die Flüſſigkeit in der That vom Anfange an den ſtärkſten Angriff auf die Platten macht.

rung der gewöhnlichen Polarität hervorbringt, dies darauf beruhe, daß sie die Oberflächen der Metalle, die in sie eingetaucht werden, so schnell verändere, daß, anstatt der primären Wirkung der unveränderten Metalle gleich Anfangs die secundäre der veränderten Metalle erscheine.

Drei Puncte waren es, die ich zur Nachweisung hievon erforderlich glaubte.

Wenn wirklich bei Schichtung z. B. von Schwefelleberlösung mit Eisen und Kupfer das Kupfer deshalb sofort den positiven Pol bildet, weil es eine hiezu hinreichende Veränderung plötzlich durch die Einwirkung der Schwefelleberlösung erfahren hat, so muß bei einem gewissen schwächern Grade dieser Einwirkung ein solcher Uebergang erst allmälig erfolgen, und es muß mithin eine, der von Avogrado beobachteten, ähnliche Umkehrung im Verlaufe des Geschlossenseyns mit derselben Flüssigkeit eintreten, die bei der stärkern Einwirkung sogleich die secundäre oder umgekehrte Wirkung würde haben erscheinen lassen. Zweitens mußte nachgewiesen werden, daß die Umkehrung, welche in solchen Fällen erfolgt, nicht etwa auf einer Veränderung der Flüssigkeiten beruhe; drittens, daß die Metalle wirklich so dabei verändert werden, um auch bei nachheriger Anwendung einer Flüssigkeit, in der sie sonst die gewöhnliche Polarität gezeigt haben würden, wenn sie mit frischer Oberfläche hineingebracht worden wären, noch das umgekehrte Verhältniß zu behaupten.

Den ersten Punct anlangend, so findet man in der That, daß während beim Eintauchen einer Combination von Eisen und Kupfer (an den Enden des Multiplicatordrahts) in concentrirte Schwefelleberlösung das Kupfer sogleich und dauernd den positiven Pol bildet, es dagegen in einer sehr stark verdünnten Lösung dauernd den negativen Pol, wie in sauren und salzigen Lösungen, darstellt, und daß es zwischen dem höchsten Concentrationsgrade und der sehr starken Verdünnung, sehr ausgedehnte Verdünnungsgrade der Schwefelleberlösung giebt, bei welchen in den ersten Momenten nach dem Eintauchen die Ablenkung des Kupfers* negativ ist, aber allmälig oder durch einen plötzlichen Uebersprung in die entgegengesetzte positive übergeht, während sich zugleich die Oberfläche des Kupfers immer mehr schwärzt. Dieser Uebergang erfolgt um so schneller, je näher die Schwefelleberlösung dem Concentrationsgrade kommt, bei welchem sogleich positive Ablenkung des Kupfers erfolgen würde, und öfters sieht man die Nadel nach einem einzigen Zuck auf die negative Seite hin, sofort und dauernd auf die positive übergehen.

Diese Umkehrungen erfolgen übrigens eben so wohl während ungeschlossener Kette, d. h. taucht man eine Eisen- oder Kupferplatte, ohne sie durch den Multiplicator oder sonst metallisch unter

* Der Kürze halber statt: der durch die Ablenkung der Magnetnadel angezeigte el. Zustand des Kupfers.

ſich in Verbindung zu ſetzen, in eine Schwefelleberlöſung von ſolcher Concentration, daß nach einiger Zeit das Kupfer poſitiv darin erſcheinen würde, wenn man es mit dem Eiſen zugleich an den Enden des Multiplicatordrahtes eintauchte, ſo wird ſich wirklich dieſe umgekehrte Wirkung ſofort zeigen, wenn man einige Zeit nach dem Eintauchen die Platte mit dem Multiplicator in Verbindung ſetzt.

Daß die Umkehrung in dieſen Fällen nicht von einer Veränderung der Flüſſigkeit abhänge, ergiebt ſich leicht durch folgende Umſtände: erſtens erfolgt ſie gleich gut, man mag das Eintauchen der Platten in kleinen oder großen Maſſen von Flüſſigkeit vornehmen, auf deren letztere eine etwaige Veränderung durch die Metalle von keinem wahrnehmbaren Einfluß ſeyn könnte; zweitens wird dieſer Umſtand noch genauer dadurch erwieſen, daß, wenn man in dieſelbe Flüſſigkeit, in welcher die Umkehrung erfolgt war, zwei friſche Platten von Eiſen und Kupfer taucht, wiederum erſt die negative primäre Ablenkung des Kupfers erſcheint, um erſt nach einiger Zeit in die poſitive ſecundäre überzugehen.

Was endlich den dritten Punct anlangt, ſo ſcheint mir in dieſer Hinſicht folgender Verſuch beweiſend.

Man lege eine Eiſen- und Kupferplatte, an den Platinenden des Multiplicatordrahts befeſtigt, auf den flachen Boden eines etwas größern gläſernen Gefäßes (außer Berührung mit einander) und übergieße ſie mit concentrirter Schwefelleberlöſung, ſo daß ſie ganz davon bedeckt werden. Sofort wird die poſitive ſecundäre Ablenkung des Kupfers erſcheinen. Nun gieße man ſo viel Waſſer zu, daß, wenn man in dieſe Flüſſigkeit eine friſche Eiſen- und Kupferplatte taucht, die primäre negative Ablenkung des Kupfers nicht nur Anfangs, ſondern dauernd erfolgt, deſſen ungeachtet wird die poſitive Ablenkung des Kupfers ſich nach wie vor erhalten, wenn gleich dem Grade nach geſchwächt erſcheinen.

Auch wenn man Eiſen und Kupfer am Multiplicatordraht in eine Schwefelleberlöſung von ſolcher Concentration eingeſenkt hat, daß die ſecundäre Wirkung gleich Anfangs, oder nach einiger Zeit durch Umkehrung darin erſcheint, und dann aus dieſer Löſung ſchnell* in reines, geſalzenes oder geſäuertes Waſſer taucht, ſo wird im Allgemeinen in den erſten Augenblicken noch die ſecundäre Wirkung, wie ſie in der Schwefelleberlöſung beobachtet ward, fortbeſtehen. Man wird jedoch beobachten, daß nach einiger Zeit ſich die Wirkung wieder in die primäre umkehrt, und zwar um ſo eher, je ſchwächer die Schwefelleberlöſung und je kräftiger chemiſch einwirkend die zweite Flüſſigkeit war; unſtreitig, weil die Veränderung, welche die Platten in der Schwefelleberlöſung erlangt haben, durch die zweite Flüſſigkeit allmälig wieder aufgehoben zu werden vermag.

* So daß die Luft möglichſt wenig einwirkt.

Unter gehörigen Verhältniſſen vermag daher auch die Umkehrung der ſecundären in die primäre Wirkung augenblicklich zu erfolgen.

Umgekehrt, wenn man eine Eiſen- und Kupferplatte aus geſalzenem oder geſäuertem Waſſer in eine Schwefelleberlöſung von ſolchem Concentrationsgrade bringt, daß die ſecundäre Wirkung darin an ſich gleich Anfangs oder ſehr ſchnell eingetreten ſeyn würde, ſo wird man doch, wenn die chemiſche Wirkſamkeit des geſäuerten oder geſalzenen Waſſers im Verhältniß zum Concentrationsgrade der Schwefelleberlöſung groß genug iſt, eine Zeit lang noch die primäre Wirkung, wie ſie im Waſſer Statt fand, in der Schwefelleberlöſung fortdauern ſehen, um ſich erſt nach einiger Zeit in die ſecundäre umzukehren; ein Beweis, daß geſalzenes oder geſäuertes Waſſer eine Modification entgegengeſetzter Art an den Platten hervorgebracht hatte, als die Schwefelleberlöſung daran hervorzubringen ſtrebt.

Nicht nur geſalzene und geſäuerte Flüſſigkeiten jedoch, ſondern auch die Luft ſelbſt vermag die Modification aufzuheben, vermöge deren das Kupfer gegen Eiſen in Schwefelleberlöſung poſitiv wird.

In der That, wenn man eine Eiſen- und Kupferplatte, deren Wirkung ſich in einer Schwefelleberlöſung von gehöriger Verdünnung allmälig in die ſecundäre umgekehrt hat, gleichzeitig herausnimmt, ſo daß ſie einige Augenblicke mit der Luft in Berührung bleiben, und dann gleichzeitig wieder in die nämliche Löſung eintaucht; ſo iſt die primäre negative Ablenkung des Kupfers wieder da, um ſich erſt nach einiger Zeit wieder in die poſitive umzukehren. Wird der Verſuch jetzt von Neuem wiederholt, ſo kehrt derſelbe Erfolg wieder, und dies ſo oft, als man ihn anſtellen will. Je mehr ſich übrigens die Löſung dem Concentrationsgrade nähert, bei welchem gleich anfangs die ſecundäre Wirkung erſcheint, um ſo längere Berührung mit der Luft iſt nöthig, damit nach dem Wiedereintauchen Anfangs die Primärwirkung wieder erſcheine, und iſt jener Concentrationsgrad wirklich erreicht, ſo wird dann, wie leicht vorauszuſehen, kein Ausſetzen an die Luft die primäre Wirkung hervorrufen können, die gleich Anfangs nicht erſchienen war.

Die Umänderung der Metalle bei dieſen Verſuchen, in ſo weit ſie die Umkehrung veranlaßt, bezieht ſich entweder allein, oder faſt allein, auf das Kupfer, wie leicht aus folgenden Verſuchen erhellt.

Zieht man Kupfer und Eiſen, deren Wirkung ſich in einer Schwefelleberlöſung vom gehörigen Verdünnungsgrade aus der anfangs primären in die ſecundäre umgekehrt hat, das Eiſen heraus, während das Kupfer darin bleibt, und taucht eine friſche Eiſenplatte hinein, ſo bleibt die ſecundäre Wirkung nach wie vor, und ſcheint ſich eher etwas zu verſtärken; verfährt man aber umgekehrt, indem man nämlich blos die Kupferplatte mit einer friſchen vertauſcht, ſo iſt ſofort die primäre negative Ablenkung des Kupfers Anfangs wieder da, um ſich erſt nach einiger Zeit wieder in die poſitive umzukehren.

Aehnliche Umkehrungen, als in den vorgenannten Fällen durch die verändernde Einwirkung der Schwefelleberlöſung auf eines der eingetauchten Metalle entſtehen können, können nun auch durch andre Flüſſigkeiten hervorgebracht werden. Man tauche z. B. Eiſen und Silber an den Enden des Multiplicatordrahts in rauchende Salpeterſäure oder concentrirte ſalpeterſaure Silberauflöſung, ſo wird das Eiſen, welches in den gewöhnlichen Flüſſigkeiten gegen Silber poſitiv iſt, hier ſofort ſehr ſtark negativ dagegen erſcheinen *; und eben dergleichen ſcheinbare Anomalieen ergeben ſich noch bei vielen andern Metallen, wie aus den nachher folgenden ſpeciellen Angaben erhellt. Ich habe jedoch durch eine ausführliche Unterſuchung gefunden, daß in allen dieſen Fällen (mit den gleich zu nennenden Ausnahmen), wo beim Eintauchen in concentrirte Löſungen gleich Anfangs die umgekehrte Wirkung als in reinem Waſſer erfolgte, es für dieſelben Löſungen gewiſſe Verdünnungsgrade gab, wo ihre Ablenkung anfangs dieſelbe war, als in deſtillirtem Waſſer, und erſt allmälig in die entgegengeſetzte übergieng. Zugleich fand ich, daß die Gränzen der Verdünnung, innerhalb welcher eine ſolche Avogrado'ſche Umkehrung erfolgt, für verſchiedene Flüſſigkeiten ſehr verſchieden ſind, und namentlich ſcheinen ſie für dieſelbe Flüſſigkeit um ſo näher an einander zu liegen, je näher ſich die Metalle ſelbſt in der elektriſchen Reihenfolge ſtehen. So erfolgen bei Eiſen, Zinn, Blei, mit Kupfer in Schwefelleberlöſung dieſe Umkehrungen innerhalb ſehr ausgedehnter Verdünnungsgrade; dagegen ich bei Wismuth und Kupfer, welche nahe in der Reihe beiſammen ſtehen, erſt langes Probiren nöthig hatte, bis ich einen Verdünnungsgrad traf, wo die Anfangs negative Ablenkung des Kupfers deutlich in die poſitive übergieng, indem bei etwas größerer Verdünnung ſeine Ablenkung ſtetig negativ, bei etwas größerer Concentration ſtetig poſitiv war, innerhalb der Verdünnungsgränze der Umkehrung aber nach beiden Seiten nur ſchwache Ausweichungen machte.

Es war nach dieſen und andern analogen Beobachtungen nicht unwahrſcheinlich, daß es Fälle geben werde, wo die Verdünnungsgränzen der wahrnehmbar erfolgenden Umkehrungen ſo enge werden, daß ſie für die Beobachtung verſchwinden, d. h., daß es Flüſſigkeiten geben werde, worin ein gewiſſes Metall gegen ein anderes oberhalb eines gewiſſen Verdünnungsgrades ſtetig poſitiv, unterhalb deſſelben Verdünnungsgrades ſtetig negativ erſcheint, bei dieſem Verdünnungsgrade ſelbſt aber null elektriſch. In der That konnte ich bei einer Auflöſung von Kleeſäure, in welcher ſich Zinn gegen Blei ſogleich poſitiv verhält, auch nach ſehr langem Probiren nur ein einzigesmal einen Verdünnungsgrad finden, wo ich eine Umkehrung des Zinns aus einer ſchwachen negativen Ablenkung in eine ſchwache

* Hier betrifft die verändernde Wirkung das Eiſen, nicht das Silber, wie aus ſpätern Verſuchen erhellen wird.

positive gegen das Blei beobachtete, allein als ich nach Abfeilen die nämlichen Metalle wieder in dieselbe Lösung zurückbrachte, war wieder nur eine schwache einseitige Ablenkung bleibend zu bemerken, die auf Null zurückgieng. Auch die Auflösung der Weinsteinsäure schien sich auf ähnliche Weise gegen Zinn und Blei zu verhalten; doch habe ich hiebei keine so oft wiederholten Proben mit verschiedenen Verdünnungsgraden angestellt.

Außerordentlich verschieden sind bei verschiedenen Flüssigkeiten und verschiedenen Metallen, wenn sie beim Eintauchen in die concentrirte Flüssigkeit gleich anfangs die secundäre Wirkung zeigen, die Grade, bis zu welchen man die Flüssigkeit zu verdünnen hat, damit die Primärwirkung anfangs zum Vorschein komme.

Bei den concentrirten Mineralsäuren, besonders der Salpetersäure, ist im Allgemeinen nur sehr schwache Verdünnung erfoderlich, damit die Primärwirkung erscheine, und im gewöhnlichen Scheidewasser ist diese bei den meisten Metallen, bei welchen in rauchender Salpetersäure die Secundärwirkung gleich Anfangs erscheinen würde, schon bleibend, ohne in die secundäre überzugehen; doch fand ich, daß Kupfer mit Antimon hievon eine Ausnahme machte, wobei eine ausnehmend starke Verdünnung erfoderlich war, damit die Primärwirkung wirklich Anfangs erschien. Eben so ist bei Zinn und Blei in der Auflösung von Kleesäure eine außerordentlich bedeutende Verdünnung der Auflösung erfoderlich, damit die primäre positive Ablenkung des Bleis darin erscheine. Auch bei Wismuth und Antimon in rauchender Schwefelsäure war hiezu bedeutende Verdünnung erfoderlich u. s. w.

Bemerkenswerth ist der Umstand, den Oersted * bei Wismuth mit Blei beobachtet und ich bestätigt gefunden habe, daß die, in der (rauchenden) Salpetersäure anfänglich positive, Ablenkung des Bleis bald in die negative, nachher aber wieder zurück in die positive übergeht **, welche alsdann bleibend ist, und daß diese Metalle,

* Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 362.

** Dieser Versuch ist mir gewöhnlich, aber nicht immer geglückt. Einmal gieng die Ablenkung aus der nach der primären erfolgten secundären negativen des Bleis blos auf Null zurück, einmal blieb sie dauernd negativ, so daß gar kein Rückgang in die primäre Statt fand. Manchmal erscheint die secundäre negative Ablenkung des Bleis so rasch, daß man die primäre gar nicht bemerkt. Ueberhaupt fallen solche Abänderungen der Wiederholung von dergleichen Versuchen mit concentrirten Säuren öfters vor, selbst wenn man den Versuch mit einer anderen Portion von ganz derselben Säure anstellt, was zum Theil auf den Modificationen beruhen mag, welche die Metalle bei jedesmaliger Erneuerung ihrer Oberfläche für einen neuen Versuch erfahren, zum Theil auf der ungleichen Quantität Wasser, welche concentrirte Säuren, auch wenn man den Versuch stets mit möglichster Schnelligkeit anstellt, doch aus der Atmosphäre anziehen müssen. Man wird daher in den Fällen, wo ich weiterhin gleich anfängliches Erscheinen secundärer Wirkung angegeben habe, vielleicht manchmal bei Wiederholung dieser Versuche um so mehr die anfängliche Primärwirkung und erst allmäligen Uebergang in die secundäre wahrnehmen, wenn man Metalle von anderer Reinheit und Säuren von geringerer Concentration anwendet.

wenn sie nach ihrer Rückumkehrung in erneuerte Salpetersäure ohne vorherige Erneuerung der Oberfläche getaucht werden, dann keine neue Umkehrung zeigen, indem vielmehr die positive Ablenkung des Bleis dann bleibend ist — ein Umstand, der wohl ebenfalls beweist, daß, nachdem mit den Metallen oder einem derselben zuerst eine Umänderung vorgegangen ist, welche die secundäre Ablenkung veranlaßt hat, dann nicht so wohl eine Wiederherstellung des veränderten Metalls in den ursprünglichen Zustand, sondern ein neuer veränderter Zustand desselben eintritt, der aber keiner weitern Veränderung fähig ist. In der That müßten sonst die Umkehrungen ins Unbestimmte abwechseln.

Das hier bei Wismuth und Blei in Salpetersäure beobachtete Phänomen ist keineswegs allgemein; vielmehr habe ich mich für sehr viele Fälle, wo Umkehrungen aus der primären in die secundäre Ablenkung, oder letzte gleich Anfangs erfolgt war, überzeugt, daß nach längerer Zeit die Wirkung zwar merklich auf Null, nicht aber wieder in die ursprüngliche Ablenkung zurückgeht.

Indeß sind mir doch noch einige analoge Fälle bei meinen Versuchen vorgekommen, hinsichtlich deren ich auf meine Originalabhandlung verweise.

Ich bemerke endlich noch, daß ich auch speciell bei Blei und Eisen in Salmiaklösung, bei Eisen und Silber, so wie bei Eisen und Kupfer in rauchender Salpetersäure, und bei Zink und Zinn in rauchender Schwefelsäure, ähnliche Versuche, wie oben S. 96 für Eisen und Kupfer in Schwefelleberlösung angeführt worden sind, angestellt habe, zufolge deren, wenn einmal Secundärwirkung in diesen concentrirten Säuren oder der Salmiaklösung eingetreten ist, man dann noch eine solche Quantität Wasser zugießen kann, daß beim Eintauchen der nämlichen aber frisch abgefeilten Metalle, Primärwirkung eintreten würde *, ohne daß sich die secundäre Wirkung überhaupt, oder eine gewisse Zeit hindurch, in die primäre umkehrt. Doch darf des Wassers bei den Säuren nicht verhältnißmäßig zu viel zugesetzt werden, wo in der That sogleich Rückumkehrung in die primäre Wirkung erfolgt **, und auch in dem Falle, wo man nur so viel zugesetzt hat, daß die Secundärwirkung eine Weile darin bleibt, kehrt sie sich doch öfters nach einiger Zeit in die primäre um, wenn der Verdünnungsgrad der Säure so beschaffen ist, daß bei frischen Metallen die Primärwirkung gleich anfänglich darin eintreten würde.

Ein eigenthümlicher Umstand, den man bei diesen Versuchen zu bemerken Gelegenheit hat, ist der, daß, wenn man z. B. Eisen mit

---

* Wovon ich mich jedesmal durch einen besondern Versuch überzeugte.

** Bei Eisen und Kupfer in concentrirter Schwefelleberlösung kann man dagegen so viel verdünnen, als man will, ohne die einmal eingetretene Secundärwirkung wieder umzukehren.

Silber oder Eisen mit Kupfer in rauchender Salpetersäure prüft, wo sogleich secundäre negative Ablenkung des Eisens erscheint, so lange diese fortdauert, das Eisen blank in der Säure bleibt; hat man aber so viel Wasser zugegossen, daß nach einiger Zeit die Kette sich umkehrt, so fängt stets in demselben Augenblicke, wo dies geschieht, auch das Eisen an, sich, oft mit großer Heftigkeit, aufzulösen. Diese Simultaneität des Negativseyns und Unangegriffenbleibens oder der schwächern Angreifung, so wie umgekehrt des Positivwerdens und des stärkern Angegriffenwerdens der Metalle in Säuren, ist überhaupt ein constantes Phänomen *, von dem sich die Erklärung aus dem elektrochemischen Theile dieses Werks ergeben wird.

Ich lasse jetzt einige specielle Angaben von Fällen folgen, wo man nach meinen Erfahrungen, beim Eintauchen in concentrirte Lösung, sogleich eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Polarität der Metalle entstehen sieht, wo jedoch, bei einem gewissen Verdünnungsgrade der Lösung, eine Avogrado'sche Umkehrung erfolgt **.

Concentrirte Schwefelleberlösung.

Silber, so wie Kupfer positiv gegen Blei, Zinn, Eisen, Antimon, (Kupfer positiv gegen Silber) ***

Zinn	positiv	gegen	Blei	unbedeutend.
Antimon	—	—	Eisen	
Wismuth	—	—	Eisen	

Rauchende Salpetersäure.

Eisen	negativ	gegen	Antimon, Wismuth, Kupfer, Silber (positiv gegen Gold und Platin)
Blei	—	—	Zinn
Wismuth	—	—	Kupfer
Antimon	—	—	Kupfer.

Nordhäuser Vitriolöl.

Wismuth positiv gegen Antimon.

(Mit Zinn und Zink, so wie mit Blei und Zinn erfolgte schon ohne Verdünnung der Säure eine Avogrado'sche Umkehrung.)

---

* Vergl. hierüber bes. die Beobachtungen von de la Rive in den Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 231.

** In Bezug auf das von mir angewandte Antimon, Wismuth und Kupfer bemerke ich, daß sie in dem Wasser folgendermaßen geordnet waren: Antimon, Wismuth, Kupfer, vom positivsten angefangen.

*** Gegen Zink verhielten sich sowohl Kupfer als Silber negativ, so wie ich überhaupt mit Zink keine Umkehrungsphänomene oder Secundärwirkungen beobachtet habe, außer einigen besondern Umkehrungsphänomenen mit Blei und Zinn in rauchender Schwefelsäure und mit einem Quecksilberamalgam, worüber meine Originalabhandlung nähere Auskunft giebt.

Rauchende Salzsäure.

Wismuth positiv gegen Antimon
Kupfer — — Antimon.

(Mit Wismuth und Kupfer erfolgte schon ohne Verdünnung eine Avogrado'sche Umkehrung).

Gesättigte Salmiaklösung.

Eisen positiv gegen Zinn
Kupfer — — Wismuth.

(Blei gab mit Eisen eine Avogrado'sche Umkehrung).

Conc. käufliche Kupfervitriolauflösung (säuerlich reagirend).

Zinn positiv gegen Blei
Eisen — — Blei
Wismuth — — Antimon
Kupfer — — Antimon.

(Zinn gab mit Eisen schnell eine Avogrado'sche Umkehrung).

Neutrale und saure salpeters. Silberauflösung.

Eisen positiv gegen Silber.

Conc. Aufl. von Kleesäure oder Weinsteinsäure.

Zinn positiv gegen Blei.

Auch de la Rive * hat mehrere hieher gehörige Fälle angeführt. Zinn sowohl als Eisen verhält sich nach ihm positiv gegen Kupfer in Ammoniakflüssigkeit; Kohle war stark positiv gegen Platin in kalter, noch mehr in bis 100° oder 150° C. erhitzter conc. Schwefelsäure, noch stärker negativ aber gegen das nämliche Metall in etwas erhitztem Königswasser, Eisen stark positiv gegen Arsenik in verdünnter Säure, negativ in Kali, welches mittelst ziemlich starker Lampenhitze geschmolzen wird, u. s. w.

Nach Davy ferner verhält sich in conc. Alkalilösungen Zinn positiv gegen Blei, Eisen positiv gegen Kupfer.

Aus den in diesem Capitel erörterten Umständen erhellt, wie sehr bei allen Versuchen über das elektrometorische Verhalten der Metalle zu einander, wo eine Flüssigkeit mit ins Spiel gezogen wird, deren verändernder Einfluß auf die Metalle in Betracht gezogen werden muß, da er ihr Verhältniß öfters sogar umzukehren vermag. Jedoch auch wenn die verändernde Wirkung der Flüssigkeit nicht so weit geht, so giebt sie sich doch deutlich zu erkennen, nicht nur durch die sichtbaren Alterationen, die wir in der Regel auf den Oberflächen der Metalle vor sich gehen sehen, sondern auch durch

* Schweigg. J. LIII. 418.

die wenigstens dem Grade nach veränderten elektromotorischen Eigenschaften, welche die Metalle im Laufe des Geschlossenseyns der Kette annehmen, wovon wir in einem spätern Capitel unter dem Namen der Ladungsphänomene ausführlicher handeln werden.

Dreizehntes Capitel.

Von der Galvanischen Spannungsreihe der Körper.

Schon im ersten Capitel S. 20 lernten wir im Condensator ein Mittel kennen, welches die Ausmittelung der galvanischen Spannungsreihe, d. h. der Ordnung, in der sich die Metalle vom positivsten zum negativsten folgen, gestattet. Dieses Mittel bestand darin, daß wir von zwei Metallen, die sich mit geglätteter Oberfläche berühren, das eine isolirt abhoben, seine durch die Berührung erlangte El. an den Condensator übertrugen, und nach einigemal wiederholter Operation die El. prüften, die der Condensator durch die wiederholte Uebertragung angenommen hat. Es geht zugleich aus den frühern Erörterungen hervor, daß man sich bei diesem Verfahren eines Condensators aus demselben Metalle zur Prüfung aller Metalle bedienen könne, wofern man nur die Metalle selbst sich mit hinlänglich großen und glatten Oberflächen berühren läßt, bei der Uebertragung aber den Condensator jedesmal nur in einem Puncte berührt.

Dieses Mittel, wiewohl es andern an Empfindlichkeit ohne Vergleich nachsteht, hat doch vor allen andern den Vorzug voraus, daß dabei die Metalle gänzlich ohne Zwischenwirkung feuchter Leiter geprüft werden können, deren verändernde Wirkung auf die Metalle wir im vorigen Capitel durch so augenfällige Erscheinungen kennen gelernt haben. Es ist daher zu bedauren, daß wir keine einzige umfassende Versuchsreihe, welche nach diesem Verfahren angestellt worden wäre, besitzen, um so mehr, da nach S. 24 seine Empfindlichkeit größer ist, als die der folgenden, gewöhnlich in Anwendung gezogenen, Anwendungsart des Condensators, die von erwähntem Uebelstande ebenfalls nicht ganz frei ist.

Diese besteht darin, daß man ein Metall einerseits in directe Berührung mit dem Metall des Condensators, andrerseits in Gemeinschaft mit dem Erdboden durch den Finger oder einen andern feuchten Leiter setzt, ganz wie in Vers. 6 S. 16, wo man das elektrische Verhältniß, was zwischen dem angewandten Metall und dem Metall des Condensators Statt findet, erfährt. Will man nach diesem Verfahren das elektrische Verhältniß eines Metalls auch gegen andre Metalle, als das des Condensators prüfen, so ist man genöthigt, das eine der sich berührenden Metalle, dessen El. am Condensator entladen wird, durch einen feuchten Leiter von letzterm zu trennen,

während das andre durch einen eben solchen Leiter mit dem Boden in Verbindung steht, oder man muß, wie Pfaff gethan, aus der relativen Stärke der Wirkungen, die verschiedne Metalle successiv am Metall des Condensaters geprüft äußern, auf ihre elektrische Reihenfolge schließen.

Wie man jedoch auch verfahren mag, wenn der feuchte Leiter, durch den das eine Metall mit dem Boden in Verbindung steht, eine merkliche verändernde Wirkung auf dieses zu äußern vermag, so wird man nicht mehr die elektromotorische Wirkung des unveränderten Metalls erhalten. Ich habe mich hievon specell überzeugt, indem ich Eisen, welches am messingnen Condensater angebracht ward, successiv durch gemeines Wasser, durch rauchende Salpetersäure und durch salpeters. Silberauflösung mit dem Boden in Verbindung setzte; im ersten Fall erhält der Condensater negative El., wie in der That dem Verhältniß des Messing zum unveränderten Eisen entspricht, in den beiden andern aber positive El., welches mit den Erfahrungen übereinstimmt, die wir im vorigen Capitel über das Verhältniß des Kupfers (dem das Messing hiebei analog wirkt) zum Eisen, das durch salpeters. Silberauflösung oder rauchende Salpeters. verändert worden ist, gemacht haben *. Eben so habe ich mich überzeugt, daß Kupfer, wenn man es durch conc. Schwefelleberlösung mit dem Boden in Verbindung setzt, gegen Eisen positiv zu seyn scheint.

Die hier erörterte Anwendungsart des Condensaters hat sonach in diesem Bezug nichts voraus vor allen andern Verfahrungsarten, zu denen ich bald übergehen werde, insofern sie derselben Zweideutigkeit unterworfen ist. Jedoch kann man hier wie da diese Zweideutigkeit sehr mindern und so zu sagen unmerklich machen, wenn man stets solche Zwischenflüssigkeiten anwendet, welche keine in Betracht kommende schnelle Einwirkung auf das Metall äußern, und wenn man im Fall ja erfolgender Umkehrungen die Erstwirkung als die wahre annimmt **. Unter dieser Beschränkung finden folgende Verfahrungsarten noch eine mehr oder weniger ausgedehnte Anwendung.

---

* Allerdings wird bei diesen Versuchen nicht die Berührungsfläche des Eisens mit dem Metall des Condensaters verändert, sondern die, zunächst mit dem Boden in Verbindung stehende. Wir haben aber S. 32 gesehen, daß die El. bei diesen Versuchen blos vom Verhältniß der Endflächen abhängt.

** Hiemit werden vielleicht diejenigen nicht mit mir übereinstimmen, welche die im vorigen Capitel betrachteten Umkehrungen daher ableiten, daß die Flüssigkeit eine gewisse Zeit brauche, ihre elektromotorische Wirkung auf das Metall zu äußern; zufolge welcher Ansicht zuletzt die secundäre Wirkung die wahre wäre. Sieht man aber [illegible] Ursache, daß bei den bekannten Umkehrungen des Zinns und Kupfers u. s. [illegible] die Erstwirkung wirklich die sey, die dem von andrer Seite gewiß gemach[illegible] elektromotorischen Verhältniß dieser Metalle zu einander entspreche, daß [illegible] Eintritt der secundären Wirkung eine dauernde Veränderung des Metalls [illegible] nachweisbar sey, endlich die oben S. 94 Anm. erwähnten Prüfu[illegible] wird man hoffentlich obigen Ausspruch gerechtfertigt finden.

Da bei ſchwachem elektromotoriſchen Gegenſatze der Metalle eine einzelne Combination derſelben am Condenſator nur wenig Wirkung giebt, ſo kann man dieſe durch Schichtung zu einer Säule verſtärken, eines Hülfsmittels, deſſen ſich Ritter in mehrern Fällen bedient hat.

Früher bediente man ſich ferner häufig der Prüfung der Metalle durch Froſchſchenkel. Dieſe Methode gründet ſich auf einen Umſtand, von dem im Capitel über die phyſiologiſchen Wirkungen des Galvanismus ausführlicher die Rede ſeyn wird, und welcher folgender iſt.

Wenn man von zwei präparirten Froſchſchenkeln, die durch ihre Muskeln in Berührung ſtehen, den Nerven des einen mit einem, den Nerven des andern mit einem andern Metall armirt, und den Kreis ſchließt, ſo wird die Zuckung in der Regel allein oder doch am ſtärkſten an dem Schenkel erfolgen, deſſen Nerv mit dem poſitiven Metall armirt iſt, die Zuckung bei der Trennung dagegen, wo ſie beobachtet wird, am andern. Dieſe Verfahrungsart trägt jedoch, abgerechnet die Modificationen, welche möglicherweiſe die thieriſche Feuchtigkeit hervorbringen kann, noch den beſondern Nachtheil an ſich, daß ſie in Abhängigkeit von dem ſo veränderlichen Zuſtande der Reizbarkeit eines organiſchen Individuums iſt, und in der That hat ſich Ritter, der dieſer Verfahrungsart Anfangs mit großem Zutrauen huldigte, ſpäter überzeugt, daß der angegebene Erfolg jener Verfahrungsart nur bei einem gewiſſen mittlern Verhältniß der Reizbarkeit des Froſchpräparats zur Intenſität der elektrometeriſchen Wirkung der geprüften Metalle ſicher erhalten werde; daß dagegen ſehr erhöhte Reizbarkeit des Präparats oder ſehr ſtarke Intenſität der el. Wirkung den Erfolg gerade umkehren könne, ſo daß die Schließungszuckung vielmehr am negativ armirten Nerven Statt habe. Mit Recht iſt daher dieſe unzuverläſſige Verfahrungsart jetzt der Vergeſſenheit übergeben worden.

Endlich bleibt noch der Gebrauch des Multiplicators zu nennen übrig, welcher wegen der Leichtigkeit ſeiner Anwendung und faſt ins Unbegränzte zu erhöhenden Empfindlichkeit unſtreitig den Vorzug unter allen Verfahrungsarten verdient, bei denen Flüſſigkeit mit ins Spiel gezogen wird, deßhalb auch mannichfaltig zu dieſem Zweck benutzt worden iſt. Nach dem, was S. 77 darüber geſagt worden, bedarf die Art ſeiner Anwendung in dieſem Bezug keine Erörterung weiter.

Einige Vorſichtsmaßregeln müſſen jedoch dabei in Betreff der Metalle, welche der Prüfung unterworfen werden ſollen, noch namhaft gemacht werden, welche zum Theil auch bei den andern angezeigten Verfahrungsarten zu berückſichtigen ſind.

1) Iſt darauf zu ſehen, daß die zu prüfenden Metalle dieſelbe Temperatur haben *.

2) Muß ihre, mit der Flüſſigkeit in Berührung geweſene, Oberfläche ſtets durch Abfeilen oder Abreiben oder ſonſt mechaniſche Mittel vor jeder neuen Prüfung erneuert werden; da vorhergegangene Prüfungen die Beſchaffenheit ihrer Oberfläche ſchon verändert haben können. Wie wichtig, ja unerläßlich dieſe Vorſichtsmaßregel ſey, wird noch mehr aus dem Capitel, wo von der ſogenannten Ladung der Metalle die Rede ſeyn wird, erhellen.

3) Es iſt, wenigſtens bei den unedlen Metallen, darauf zu ſehen, daß die Metalle gleichzeitig in Berührung mit der Leitungsflüſſigkeit kommen, da die Erfahrung gelehrt hat, daß das frühere und ſpätere Eintauchen homogener Metalle an den Enden des Multiplicatordrahts für ſich einen Ausſchlag am Multiplicator bedingen kann, von welchen Wirkungen ebenfalls in einem beſondern Capitel die Rede ſeyn wird.

Ich habe die Reſultate, welche die verſchiedenen Beobachter nach dieſen Verfahrungsarten über die elektriſche Reihenfolge der Metalle und einiger andern Körper erhalten haben, in nachfolgender Tabelle zuſammengeſtellt, welcher noch eine Beobachtungsreihe von Walcker hier beigegeben iſt, die mehrere Nichtleiter enthält **.

(Hier folgt die Tabelle.)

---

* Ueber den Einfluß der Temperaturungleichheit bei dieſen Verſuchen vergl. u. a. Walcker in Pogg. Ann. IV. 327.

** Pogg. Ann. IV. 449. Walcker verfuhr bei dieſer Prüfung ſo: Auf die mit dem einen Enddrahte des Multiplicators verbundene Platin- oder Zinkplatte legte er ein Stück Fließpapier, befeuchtete es mit der leitenden Flüſſigkeit, ſtreute den andern Erreger als Pulver (etwa in einer Oberfläche von ½ Qu. Zoll) darauf, befeuchtete ihn mit derſelben Flüſſigkeit, drückte ihn dann mittelſt einer dicken, in ihrer Mitte mit einem Loche verſehenen, Glasplatte gegen die Unterlage, und berührte ihn durch das Loch mit einem Drahte von demſelben Metall, welches die Unterlage bildete. Waren die Körper lose Pulver, ſo wurde ein Stückchen Badeſchwamm zwiſchen eine Platinpincette geſpannt; dieſen ließ man mit der Leitungsflüſſigkeit ſich vollſaugen und das zu prüfende Pulver ſich daran anhängen; worauf der Schwamm in einen mit der Flüſſ. gefüllten Platinlöffel getaucht ward. Mitunter erſchien es vortheilhafter, den einen Draht mit einer Lage der zu prüfenden Verbindungen zu überziehen und beide, den überzogenen und den nicht überzogenen, Drähte in eine leitende Flüſſigkeit, die nicht löſend auf den Ueberzug wirken konnte, einzutauchen.

Prüfung durch den Elektrometer			Prüfung durch Froschschenkel	Prüfung durch den Multiplicator						Literatur
Volta.	Pfaff.	Seebeck.	Ritter.	Poggendorff.	[illegible]	Marianini.	Davy.	Avogadro u. Michelotti.	De la Rive.	
Zink. Blei. Zinn. Eisen. Kupfer. Silber. Reißblei, mehrere Arten von Kohle und schwarzes kryst. Braunstein.	Zink. Blei. Kadmium. Zinn. Eisen. Wismuth. Kobalt. Arsenik. Kupfer. Antimon. Platin. Gold. Quecksilber. Silber. Kohle. [illegible] Schwefelkies. [illegible] Kupferkies. Bleiglanz. Zinngraupen. Kupfernickel. Arsenikkies. [illegible] Graphit. [illegible] Schrifterz (Legirung von Gold, Silber und Tellur). Kryst. Braunsteinerz.	Zink. Blei. Zinn. Antimon. Wismuth. Eisen. Kupfer[1]. Reines Platin. Silber. [1] [illegible]	Zink. Blei. Zinn. Eisen. Wismuth. Kobalt. Arsenik. Kupfer. Antimon. Platin. Gold. Quecksilber[1]. Silber. Kohle. Bleiglanz, Zinngraupen u. Kupfernickel. Schwefelkies, Kupferkies und Arsenikkies. Legirung aus 2 Platin, 1 Quecksilber. Graphit. Kryst. Braunsteinerz. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	Volta in Gilb. Ann. X. 439. Pfaff in Schweiggers Journ. [illegible] Seebeck in Pogg. Ann. VI. 148. Ritter in Gilb. Ann. XVI. 293. Poggendorff in [illegible] Pouillet in s. Traité de phys. I. [illegible] Marianini in s. Saggio di esperienze elettrometriche [illegible] Davy in Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. [illegible] Avogadro und Michelotti in Ann. de Ch. et de Ph. XXII. 364. De la Rive in Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 225.

Negativ.	Poſitiv.	Leitende Flüſſigkeit.
Platin	Kyan-Eiſen	Waſſer p. *
	(feines Berlinerblau) .	Verd. Schwefelſäure l.**
		Salzſ. Eiſen l.
		Salzſ. Kali
	Eiſenoxyde-oxydul (getrocknet)	Verd. Schwefelſ. p.
	Kupferoxyd	Waſſer p.
		Verd. Schwefelſ. p.
Zink	Kyan-Eiſen	Waſſer
Platin	Graphit	Verd. Schwefelſäure ***.
Chlorſilber	Zink	Kochſalz p.
	Platin	Verd. Schwefelſ. p.
Kyanſilber	Platin	Verd. Schwefelſ. p.
	Silber	Verd. Schwefelſ. p.
	Zink	Glauberſalzlöſung p.
Bleioxyd	Blei	Kochſalz
	Zink	— —
Bleiſuperoxyd . . .	Zink	— —
Bleiſuperoxyd . . .	Blei	— —
Chlorblei	Blei l.	— —
	Zink l.	— —
Jodblei	Platin	— —
	Blei	— —
	Zink	— —
Schwefelblei . . .	Blei p.	— —
(künſtliches) . . .	Zink	— —
Eiſenperoxyd . . .	Platin p.	— —
friſch gefällt	Silber	— —
Eiſenoxyde-oxydul	Platin p.	Aetzammoniack
getrocknet	Kyan-Eiſen p. . . .	Waſſer
Kyan-Eiſen . . .	Platin l.	Eiſenblauſ. Kali
	Eiſenblauſ. Kali . . .	Waſſer
		Alkohol p.
Graphit	Zink l.	Verd. Schwefelſ.
		Waſſer
Kupferoxyd	Zink	Waſſer
	Kupfer p.	Glauberſalzlöſung mit Alkohol verd. Schwefelſ.
	Platin l.	Ammoniack
	Kohlenſ. Ammoniack .	Waſſer

* p. bedeutet, daß ſehr geringe,
** l. daß ſehr ſtarke el. Strömung Statt fand.
*** Im Original ſteht Zink, Graphit, Waſſer; dieß wird jedoch im Druckfehlerverzeichniß berichtigt.

Negativ.	Positiv.	Leitende Flüssigkeit.
Weinsteinsäure . .	Kupferoxyd	Wasser
Eisenvitriol (calcinirt)	Kyaneisen k.	Wasser
Schwefels. Kupfer	Kupfer	Glaubersalzlösung mit Alkohol verd. Schwefels.

Bei einem Ueberblick der in der Tabelle enthaltenen Resultate muß die auffallende Abweichung der Beobachter über die Stelle vieler Metalle in der Reihenfolge auffallend erscheinen. Diese Abweichung mag zum Theil von Anwendung verschiedener Leitungsflüssigkeit herrühren; großentheils aber gewiß von verschiedener Reinheit der angewandten Metalle. Denn so wie gewisse Metalle das Eigenthümliche haben, selbst wenn sie nur in sehr geringem Grade anderen beigemischt sind, ihre Härte, Sprödigkeit, Magnetismus, u. s. w. in sehr auffallendem Grade zu ändern, so findet etwas Aehnliches auch in Bezug auf die elektrometerischen Eigenschaften Statt. Jedenfalls können wir uns daher der in der Tabelle angezeigten Resultate nur mit einer gewissen Kritik bedienen.

Unter Anwendung derselben scheint mir folgende Reihe als die wahrscheinlichste aus den Beobachtungen zu folgen:

Kalium
Baryum
Zink
Cadmium
Blei
Zinn
Eisen
Nickel
Kupfer (Wismuth, Antimon)
Arsenik
Quecksilber
Silber
Gold
Platin
Iridium
Rhodium.

Mit Fleiß sind hiebei mehrere Metalle weggelassen, über deren Stelle noch zu viel Ungewißheit herrscht. Bevor wir zur Rechtfertigung dieser Reihe in einiges Detail über die einzelnen Metalle gehen, wollen wir noch auf den Umstand aufmerksam machen, daß, welche Beobachtungsreihe man auch zu Grunde legen mag, doch nach jeder die elektrische Reihenfolge der Metalle wenigstens ungefähr mit der Reihenfolge der Leichtigkeit übereinstimmt, nach der sich die Metalle oxydiren, so daß zwischen beiden Umständen ein Wechselbezug

Statt zu finden ſcheint, von dem wir in der That weiterhin einen Grund werden anzugeben wiſſen.

Das Mangan, welches nach Poggendorff zwiſchen Cadmium und Zinn, nach Marianini tiefer, zwiſchen Zinn und Blei, ſteht, habe ich aus der Reihe weggelaſſen, theils, weil ich bezweifle, ob es anders, als in einem erydulirten Zuſtande hat geprüft werden können, theils, weil es überhaupt noch fraglich iſt, ob man das Mangan nach den bisher bekannten Verfahrungsarten rein von negativern Körpern hat darſtellen können *. Nach dem chemiſchen Verhalten des Mangans muß man vermuthen, daß es noch über dem Zink ſteht. — Das Blei ſteht nach allen Beobachtern über Eiſen und ſelbſt über Zinn; leicht tritt jedoch, wenn man ſich nicht reinen Waſſers bedient, eine Umkehrung ein, ſo daß nun das Eiſen poſitiv gegen Blei erſcheint, ſelbſt wenn man ſich Brunnenwaſſers bedient, dagegen in wirklich reinem Waſſer das Blei ſich bleibend poſitiv gegen Eiſen verhält. Mindeſtens ſind dies Wetzlar's Erfahrungen **. — Das Nickel ſteht nach Marianini und Michelotti unter Kupfer, nach Poggendorff ſogar unter Silber; deſſenungeachtet habe ich keinen Anſtand genommen, es über Kupfer zu ſetzen; denn wahrſcheinlich war das von jenen Beobachtern angewandte Nickel mit Hülfe von Kohle reducirt, wo immer eine gewiſſe Quantität Kohle an das Nickel tritt, die dazu wirken kann, ſeine Stelle herabzurücken. Ich ſelbſt habe das von Richter ohne Zuſatz von Kohle reducirte Stäbchen Nickel, von dem in Gilb. Ann. XVII. 487 die Rede iſt, zu prüfen Gelegenheit gehabt, und es zwiſchen Meſſing und Kupfer ſtehend gefunden. — Antimon und Wismuth ſtehen unſtreitig ſehr nahe bei einander und beim Kupfer; allein die Angaben der einzelnen Beobachter über ihr genaues Verhältniß zu einander widerſprechen ſich ſo ſehr, daß es bis jetzt noch nicht möglich iſt, dieſes als feſt beſtimmt anzuſehen: ſo z. B. ſetzt Pouillet das reine Antimon über Wismuth und Kupfer, Poggendorff dagegen reines Antimon unter beide. Kaum mindre Widerſprüche finden über das Verhältniß des Queckſilbers zum Silber Statt; was auch nicht ſehr zu verwundern iſt, da erſtres ſo ſchwer vollkommen rein darzuſtellen, und da, wie ſpäter erhellen wird, ſchon ſehr geringe Beimiſchungen ſeine Stelle in der Reihenfolge bedeutend ändern können. Nach Pfaff, Ritter, Pouillet und Avogrado ſteht es über Silber; nach Poggendorff und Marianini unter demſelben. Volta *** im erſten Briefe an Vaſſalli ſetzt es zwiſchen Silber und Graphit, im dritten zwiſchen Platin und Gold, im zweiten an Aldini zwiſchen Zinn und Eiſen; und zuletzt wieder zwiſchen Kupfer und Silber.

---

* Vergl. in dieſem Betreff Bachmann in Schweigg. J. LV. 81.

** Schweigg. J. LIV. 340.

*** Ritter Syſt. der el. S. 163.

letztres Verhältniß habe ich angenommen; da es dem chemiſchen Verhalten der Metalle am beßten zu entſprechen ſcheint, da die meiſten Beobachter darin übereinſtimmen; da Ritter ausdrücklich erwähnt, daß er ſich eines aus Zinnober deſtillirten Queckſilbers bedient habe; und von der Sorgfalt der andern Beobachter ebenfalls vorauszuſetzen iſt, daß aller Bedacht auf die Reinheit deſſelben genommen worden iſt. Deſſenungeachtet möchten noch Zweifel über dieſen Punct erlaubt ſeyn; denn auch Marianini * und Poggendorff bedienten ſich gereinigten Queckſilbers, und es ſcheint überdieß dieſes Metall leichter durch fremdartige Beimiſchungen in der Reihenfolge herauf als herabgerückt werden zu können.

Wo die Stelle des reinen Kohlenſtoffs in der galvaniſchen Spannungsreihe ſey, läßt ſich vor der Hand nicht mit Zuverläſſigkeit angeben; doch möchte er, ſeinen Verbindungen nach zu ſchließen, zu den negativſten Körpern gehören. Die gewöhnliche Kohle, welche freilich außer fixen fremdartigen Beimiſchungen auch ſtets abſorbirte Gasarten enthält, wechſelt, wie aus Marianini's Verſuchen hervorgeht, gar ſehr ihre Stelle, je nachdem ſie kürzere oder längere Zeit an der Luft gelegen hat, indem ſie um ſo tiefer hinabrückt, je länger ſie der Luft ausgeſetzt war. Nicht gehörig ausgeglühte Kohle iſt Nichtleiter und zu dieſen Verſuchen überhaupt untauglich **.

Das Bisherige betraf nur die Folge, in der ſich die Metalle vom poſitivſten zum negativſten ſuccediren; man kann aber auch wünſchen zu wiſſen, ob der Abſtand zweier Metalle in der Reihe, dieſen Ausdruck ſo verſtanden, wie S. 33 Anm. erörtert worden, größer oder kleiner iſt, als der zweier andern, und überhaupt ein vergleichendes Maß dieſes Abſtandes zu erhalten.

Für erſtern Zweck bietet ſich ein leichtes Mittel dar. Geſetzt wir wollten wiſſen, ob der Abſtand zwiſchen Blei und Kupfer größer als der zwiſchen Kupfer und Platin ſey; ſo werden wir ein Plattenpaar aus Blei und Kupfer und ein andres aus Kupfer und Platin ſo combiniren ***, daß ſie, wenn die Kette derſelben durch den Multiplicatordraht geſchloſſen wird, Ströme nach entgegengeſetzter Richtung hervorzubringen ſtreben. Man wird dann an dem

---

* Vergl. Saggio di esp. 132.

** Kaſtner (deſſen J. XVI. 166) giebt ein Verfahren an, mittelſt deſſen ſich Kohle von vorzüglicher Wirkſamkeit zu galvaniſchen Verſuchen erhalten läßt. Man hält zu dieſem Zweck Stäbchen von Lindenholz unter geſchmolzenes und bis zum Sieden erhitztes Blei mittelſt eines eiſernen Hakens ſo lange, bis keine Spur von Holzrauch und entzündlichen Gasen mehr entweicht, wickelt ſie dann herausgenommen in Blattplatin und erhält die Rolle über der Alkoholflamme eine halbe Stunde hellroth glühend.

*** Entweder in Form einer Säule aus 2 Plattenpaaren oder in einem Kettenapparate. Man befeſtige z. B. das Kupfer am einen, das Platin am andern Ende des Multiplicatordrahts, und tauche dieſe Metalle in zwei verſchiedene Gefäße. In das Gefäß, worin das Platin enthalten iſt, taucht man nun

Ausſchlag des Multiplicators erkennen, welches Plattenpaar das Uebergewicht hat.

Bis jetzt iſt nach dieſem Verfahren, was ſich leicht von ſelbſt darbietet, noch keine Verſuchsreihe angeſtellt worden. Ich ſelbſt habe blos einige vorläufige Verſuche in Bezug auf ſeine Anwendbarkeit angeſtellt; da ich jedoch bald im Beſitz reiner Metalle zu ſeyn hoffe, ausgedehntere Unterſuchungen mittelſt deſſelben bis dahin verſpart.

Ein beſtimmtes Maß für den elektromotoriſchen Abſtand der Metalle, ſcheint es, müßte ſich auf dem Wege finden laſſen, daß man die Kraft zweier Ketten, die in allem bis auf die Beſchaffenheit der Erregerplatten übereinſtimmen, in den erſten Augenblicken ihrer Wirkung * mittelſt der im funfzehnten Cap. anzugebenden Verfahrungsarten mäße. Verſuchen zufolge jedoch, welche ich in dieſem Bezug angeſtellt habe, kommen hiebei ganz eigenthümliche und merkwürdige Verhältniſſe ins Spiel, hinſichtlich deren ich, da meine Verſuche darüber noch nicht beendigt ſind, lieber auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen verweiſen will, Verhältniſſe, zufolge welcher wenigſtens keine directe Vergleichung auf dieſem Wege möglich iſt.

Ich gehe jetzt zur Erörterung der Umſtände über, welche auf das elektromotoriſche Verhältniß der Metalle von Einfluß ſeyn können; mit der Vorbemerkung, daß hier Verſuchen noch ein weites Feld offen ſteht. Denn das Nachfolgende ſind nur negative Reſultate oder Bruchſtücke von poſitiven Reſultaten, die ſich noch zu keinem Ganzen einen. Das letzte gilt namentlich von den ſo höchſt merkwürdigen Veränderungen, welche die Legirung der Metalle unter einander in ihrem elektromotoriſchen Verhältniß hervorbringt.

1) Einfluß des Aggregatzuſtandes, der Geſtalt und Größe der Metalle auf das elektromotoriſche Verhältniß. — Es würde außerordentlich wichtig ſeyn, auszumitteln, ob die Körper bei Veränderungen ihres Aggregatzuſtandes auch ihr elektromotoriſches Verhältniß ändern, denn hiedurch würden wir erfahren, ob dieſes Verhältniß eine den kleinſten Theilchen an ſich inhärirende Eigenſchaft iſt, die ihnen bei allen Anordnungs- und Dichtigkeitsverhältniſſen bleibt, oder ob es zum Theil von letztern Umſtänden mit abhängig iſt. Indem ich jedoch die hieher gehörigen Beobachtungen anführe, wird man ſehen, daß die Entſcheidung dieſes wichtigen Puncts eigentlich noch ganz der Zukunft anheim fällt.

---

zugleich eine Kupfer- in das andre eine Bleiplatte, ſo daß ſie das andre Metall in ihrem Gefäße nicht berühren, und verbindet letztres Kupfer und Blei durch einen Draht. Dann hat man die verlangte Entgegenſetzung der Wirkungen.

* Dies iſt weſentlich, wie aus ſpätern Capiteln erhellen wird.

a) Sprödes Metall gegen weiches. — Davy * fand mittelſt des Multiplicators ein Stück ſprödes Kupfer, in welchem ſich keine Spur von Unreinigkeiten entdecken ließ, negativ gegen weiches Kupfer. — Indeß muß es doch erlaubt ſeyn, an der wirklichen Homogeneität beider Kupferſtücken zu zweifeln, wenn man theils an die bekannten Erfahrungen, daß ſehr geringe Mengen Arſenik hinreichen, vielen andern Metallen Sprödigkeit zu ertheilen, theils an die neuern Erfahrungen Savart's, daß die durch Ammoniakgas ſpröde gemachten Metalle eine höchſt geringe Menge fremdartiger Materie enthalten, denkt.

b) Gehämmertes Metall gegen gewalztes und gegoſſenes. — Davy ** fand mittelſt des Multiplicators, daß gehämmertes Kupfer negativ gegen gewalztes (rolled) war; allein er führt nicht an, daß er ſich auch von ihrer chemiſchen Identität überzeugt.

Ich ſelbſt habe gegoſſenes, gewalztes und gehämmertes Zinn ſowohl als Blei, vom nämlichen Stück genommen und friſch abgefeilt in Kochſalzwaſſer mittelſt des Multiplicators verglichen; aber durchaus keine unzweideutigen und conſtanten Reſultate über ein elektrometoriſches Verhältniß derſelben gegen einander erhalten können; das Reſultat war entweder null oder die ſchwachen Ausſchläge unbeſtimmt und wechſelnd.

c) Metallplatten gegen gefeiltes oder gepulvertes Metall. — Walcker *** fand, daß Kupferfeile, mittelſt Druckpapier, das mit Löſungen von Glauberſalz und Kochſalz mäßig angefeuchtet war, mit einer Kupferplatte zur Kette geſchichtet, ſich (bei Prüfung mittelſt des Multiplicators) poſitiv gegen das unzertheilte Kupfer verhielt; negativ dagegen, wenn das Papier mit Ammoniack oder verdünnter Schwefelſäure befeuchtet wurde. Beim ſchwachen Anfeuchten des Papiers mit Salmiaklöſung verhielt ſich die Kupferfeile poſitiv; wurde dagegen mehr Salmiaklöſung auf das Papier gegoſſen, als daſſelbe einzuſaugen vermochte, negativ. Aehnliche Veränderungen bemerkte Walcker im Verhalten von gefeiltem Zinn gegen eine Zinnplatte.

Zwiſchen einer Goldplatte und Goldpulver konnte Walcker mittelſt des Multiplicators keine elektriſche Erregung wahrnehmen †.

Walcker ſelbſt ſchließt übrigens, unſtreitig richtig, daß dieſe Erſcheinungen überhaupt nicht von einer elektrometoriſchen Wirkung gefeilten Metalls auf ganzes Metall an ſich herrühren möchten, ſondern vielmehr von den Bedingungen, welche der Bildung eines Salzes bald auf dem ganzen Metall, bald auf dem gefeilten am gün-

---

* Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 320.
** A. a. O.
*** Pogg. Ann. IV. 326.
† Pogg. Ann. IV. 450.

ſtigſten ſind, worauf die elektrometoriſche Wirkung des gebildeten Salzes in Betracht kommt.

d) Schwammiges Metall gegen verarbeitetes. — Walcker * fand Platinſchwamm mittelſt des Multiplicators ſtets negativ gegen verarbeitetes Platin; vermuthet jedoch ſelbſt, dies könne darin ſeinen Grund haben, daß entweder das verarbeitete Platin weniger rein und nicht ganz frei von poſitiven Metallen ſey, oder daß vielleicht der Platinſalmiack durch das Glühen deſſelben nicht ganz vollſtändig zerſetzt werde.

e) Metalle von verſchiedener Glätte und Ebenheit. — Walcker ** fand ſich durch ſeine Erfahrungen veranlaßt, Ungleichheiten in den genannten Umſtänden nur inſofern als Urſach elektromotoriſcher Wirkung anzuſehen, als dem flüſſigen Leiter dadurch Gelegenheit gegeben iſt, durch mehr oder minder kräftige chemiſche Einwirkung auf das eine oder andre Stück des Metalls die Bildung wirklich verſchiedener Elektrometore hervorzurufen.

Auch mir iſt es nicht gelungen, conſtante Reſultate zu erhalten, als ich dieſelben Metalle (Blei und Zinn) mit gröbern und feinern Feilen abgefeilt gegen einander prüfte.

f) Einfluß der Größe der Platten. — Man hat verſchiedentlich behauptet, daß, wenn metalliſche Oberflächen von verſchiedener Größe an den Enden des Multiplicators in einer Flüſſigkeit gegen einander geprüft würden, ein Ausſchlag der Nadel beobachtet werde; allein theils widerſprechen ſich die Angaben der Beobachter über die Richtung des Ausſchlags ***, theils haben weder Walcker noch ich ſelbſt, dieſe Wahrnehmung beſtätigt finden können. Gemeinen Zink habe ich zu dergleichen Verſuchen überhaupt untauglich gefunden; denn die Stücke deſſelben ſind in der Regel ſo wenig homogen, daß zwei derſelben gegen einander geprüft, faſt immer einen Ausſchlag zeigen, der aber ganz unabhängig von der Größe ihrer Oberfläche iſt. Dagegen habe ich mit Stanniol, bei ſehr großer Differenz der Oberflächen, gar keine oder nur ſchwache und wechſelnde Erfolge erhalten; und anſtatt daß die Wirkung mit Vermehrung der Platten zunehmen ſollte, habe ich bei einer, analog mit dem S. 58 beſchriebenen Uhrgläſerapparate zuſammengeſetzten (jedoch in einem Troge angeordneten) Kette von 12 Platten, deren jede 9 Quadratzoll hielt und in einen dünnen Schwanz auslief, bei Schließung mittelſt des Multiplicators die Wirkung durchaus null gefun-

---

* Pogg. Ann. IV. 450.

** Pogg. Ann. IV. 451.

*** Nach Oerſted (Schweigg. J. XXXIII. 164) verhält ſich das größere Zink gegen das kleinere wie Kupfer gegen Zink, nach Pohl (Proceß der galv. Kette. 92. 95) umgekehrt; nach letzterm dagegen verhält ſich das größere Kupfer gegen das kleinere auf dieſe Art.

den *. Bis auf Weiteres muß ich daher jene Erfahrungen wenigſtens noch für ſehr problematiſch halten.

2) Einfluß der Wärme. Zu Verſuchen, ob die Wärme einen Einfluß auf das elektrometeriſche Verhalten der Metalle äußere, ſcheinen Verſuche mit Zwiſchenwirkung von Flüſſigkeiten nicht geeignet, da bei Erwärmung des einen Metalls immer zugleich auch die Flüſſigkeit in ſeinem Umkreis den Erfolg der Erwärmung erhöht, und hiedurch modificirt wird, eine Modification, welche hinreichen kann, die Bildung einer Kette von 2 verſchiedenen flüſſigen Leitern zu bewirken, die einen vom Verhältniß der Metalle zu einander unabhängigen Ausſchlag bedingen kann. Mindeſtens ſcheint dieß aus Walkers Verſuchen ** hervorzugehen. Wenn daher Ritter *** bei Prüfung zweier Zinkſtangen mit Froſchſchenkeln und Walker bei Prüfung zweier Platinſpatel mittelſt des Multiplicators in Waſſer oder in mit 2 Th. Waſſer verdünnter Schwefelſ. das wärmere Metall ſich wie das poſitive verhalten ſahen, ſo iſt es ſehr fraglich, ob dieß ein reines Reſultat war. Walker beobachtete in der That, daß, wenn die Erhitzung bis zum Rothglühen gieng, ſich das Verhältniß beim Platin umkehrte ſo wie mehrere andre Anomalieen, die man am angeführten Orte nachleſen kann, und die Walker geſchickt durch veränderte Concentration der Flüſſigkeit erklärt. Ueberdieß kommen bei dieſen Verſuchen wahrſcheinlich Verhältniſſe der bald zu erörternden thermoelektriſchen Ketten ins Spiel, welche die Sache noch mehr complicirten †.

Dagegen hat Seebeck, unſtreitig mittelſt des Condenſators, das für die gemeine El. geltende Ergebniß, daß Erwärmung zur Annahme negativer El. disponirt, auch für die Berührungselektricität beſtätigt gefunden, indem er nach Unterſuchungen, von denen leider bis jetzt erſt eine Reihe erſchienen iſt ††, fand, daß jedes Metall, wenn es bis zu einem beſtimmten Grade erhitzt worden, negativ wird in Berührung mit einem zweiten Metall, welches kalt iſt, und daß dieſes dann immer poſitiv el. wird, es mag in der auf gewöhnliche Weiſe ausgemittelten Spannungsreihe über oder unter dem erſten ſtehen. Dieß gilt ſelbſt von denen, die weit von einander abſtehen, wie Zink und Kupfer. — Bei gleichmäßiger Erwärmung der heterogenen Metalle konnte Seebeck

---

* Dieß widerſtreitet der Möglichkeit einer Wirkung zweigliedriger Säulen auf das Elektrometer nicht nothwendig, da die elektroſkopiſchen nicht von denſelben Umſtänden als die Erhöhungs-Wirkungen abhangen.

** Pogg. Ann. IV. 327.

*** Gilb. IX. 292.

† Vgl. hinſichtlich anderer hieher gehöriger Verſuche: Marianini in ſ. Saggio. p. 105. — Schrader in Schweigg. J. XXXIII. 17. — Nobili in Baumg. u. Ett. Zeitſchr. IV. 355. — Humboldt in ſ. Verſ. über gereizte Muſk. u. Nerv. I. 52. — Deſiarnes in Schweigg. J. IX. 111. 134.

†† Pogg. VI. 141.

keine Abweichung von ihrem gewöhnlichen elektrometeriſchen Verhältniß bemerken.

3) Einfluß des Magnetismus. — Es ſcheint nicht, als ob der Magnetismus des Eiſens oder Stahls deſſen elektrometoriſche Eigenſchaften zu ändern vermöchte. Folgender Verſuch von Humboldt * möchte ſich als entſcheidend in dieſem Bezug anſehen laſſen.

Er ſuchte zwei Stahlnadeln aus, welche ſo gleichartig waren, daß ſie bei minder lebhaften Froſchſchenkeln keine Zuckungen erregten, weder wenn ſie einander direct, noch wenn ſie einander mittelſt eines zwiſcheneingebrachten trocknen Silberdrahtes berührten. Da nun jeder Stahl, welcher mit einem Magnet in Berührung iſt, ſelbſt magnetiſch wird, ſo lange dieſe Berührung dauert, ſo hielt Humboldt einen künſtlichen Magnet an die Nadel a, welche den Nerven des Froſchſchenkels armirte, während die andre b, den Muskel armirende, Stahlnadel mittelſt Silberdrahts mit a in Berührung war. Jedoch der Schenkelmuskel blieb unbewegt. Humboldt verwandelte nun die Armatur a durch Beſtreichen in einen künſtlichen Magneten, ſo daß ſelbſt die Politur der Nadel davon litt, aber auch nun erfolgten keine Muskelbewegungen; wiewohl ſich ſolche ſonſt ſehr wohl zeigten, wenn auch nur verſchiedene Arten Stahls zu den beiden Armaturen angewandt wurden.

Eben ſo hat man Combinationen aus vielen und kräftigen Magneten, nach Art einer Säule mit zwiſcheneingebrachter Flüſſigkeit ſo angeordnet, daß je ein Pol der Magnete die Stelle der einen Platte, der andre die der andern Platte vertrat, unwirkſam zur Waſſerzerſetzung gefunden **.

Arnim freilich und Ritter *** wollen lauter poſitive Reſultate erhalten haben. Indeß weiß man von andern Seiten her, daß wenigſtens des letztern Beobachtungen in dieſer Angelegenheit kein unbeſchränktes Zutrauen verdienen. Aber unberückſichtigt darf auch auf der andern Seite nicht bleiben, daß eben ſo ſchroffe Widerſprüche der Beobachter hinſichtlich der chemiſchen Wirkungen des Magnetismus Statt finden; von denen ich ſelbſt unter gewiſſen Umſtänden ſo beſtimmte nach den Polen der Magnete verſchiedene Zeichen geſehen, daß es mir unmöglich ſchien, daran zu zweifeln; während andremal unter ſcheinbar denſelben Umſtänden dieſelben gänzlich fehlten, ſo daß vielleicht hier wie da noch unbekannte Umſtände im Spiele ſind, von welchen der Erfolg abhängt.

4) Einfluß chemiſcher Beimiſchungen. — Als allgemeines Reſultat der Verſuche, welche bis jetzt über dieſen Gegen-

---

* Ueber gereizte Muskel- und Nervenfaser I. 115.

** Vgl. Fabricius (der ſich anfangs günſtiger Gilb. IX. 375) in Gilb. XI. 116. — Steinhäuer ebend. XIV. 125.

*** Gilb. III. 63. XXII. 223.

ſtand angeſtellt worden ſind, hat ſich ergeben, daß ein elektropoſitiver Körper ſtets um ſo weiter in der elektriſchen Reihenfolge herabrückt, d. h. um ſo mehr an Negativität gewinnt, je mehr er ſich ſelbſt mit einem, ihm an Negativität vorangehenden, Körper verbunden hat; mindeſtens iſt dies für die Verbindungen der Metalle mit Sauerſtoff, Schwefel, Phosphor, Jod, Chlor und Kohle erwieſen, wie aus dem nachherigen Detail von Beobachtungen erhellen wird.

Von dieſem Geſetze machen jedoch eine ſehr bemerkenswerthe, und bis jetzt nach elektrochemiſchen Grundſätzen unerklärliche, Ausnahme die Amalgame und mehrere andre Legirungen; indem man im Allgemeinen findet, daß nicht nur die Amalgame ſolcher Metalle, welche negativer als Queckſilber ſind, gegen das reine Metall ſich poſitiv verhalten, ſo das Goldamalgam poſitiv gegen reines Gold, ſondern auch, daß Zink-, Zinn- Bleiamalgam u. ſ. w. ſich poſitiv gegen Zink, Zinn, Blei u. ſ. w. verhalten. Aehnliche Anomalieen kommen auch bei den Legirungen anderer Metalle unter einander vor, die wir weiter unten ſpecificiren werden.

Eben ſo wie Verbindung mit einem elektronegativen Körper die Poſitivität in der Regel herabzuſtimmen vermag, ſo vermag umgekehrt Verbindung mit einem poſitiveren Körper dieſelbe zu erhöhen. Hierüber haben wir indeß wenig directe Beobachtungen, als inſofern wir die vorigen in umgekehrter Betrachtung dafür gelten laſſen. Doch ſcheint eine ſehr ausgedehnte Klaſſe von Erſcheinungen, die wir unter dem Namen der Ladungsphänomene weiterhin erörtern werden, auf einer ſolchen, hauptſächlich durch Verbindung mit Waſſerſtoff erhöhten, Poſitivität von Metallen zu beruhen. Da indeß dieſer Gegenſtand noch Zweifeln unterliegt, ſo deuten wir ihn in jetzigem Bezuge blos an.

a) Einfluß der Oxydation. Daß ein oxydirtes Metall ſtets negativer als ein blankes iſt, iſt ſo leicht durch einfache Verſuche zu bewähren und ſo allgemein gefunden worden, daß es der Anführung beſonderer Verſuche nicht bedarf *.

Als ein beſonders auffallender Beweis des Einfluſſes, den die Oxydation zur Herabrückung der Metalle in der el. Reihenfolge äußert, mag blos erwähnt werden, daß das Graubraunſteinerz, eine Verbindung des Mangans mit ſehr viel Sauerſtoff, nach den übereinſtimmenden Angaben der Beobachter, die tiefſte Stelle in der elektriſchen Reihenfolge einnimmt, während das reine Mangan zu den höchſten Gliedern derſelben gehört. Aber auch abgeſehen von einem ſo großen Ueberſchuß an Sauerſtoff findet man ſtets, daß

* Wer beſondere Bewährungen verlangt, kann ſie an folgenden Stellen finden: Walker in Pogg. Ann. IV. 324.; Davy in Ann. de Ch. et de Phys. XXXIII. 289; Marianini in Schweigg. J. XLIX. 34.

ein, an der Luft nur matt gewordenes, Metall sich negativ gegen dasselbe, aber blanke, Metall verhält.

b) **Einfluß der Schwefelung und Verbindung mit Kohle oder Phosphor.** Um sich zu überzeugen, daß auch durch Schwefelung und Verbindung mit Kohle oder Phosphor die Metalle in der elektrischen Reihenfolge herabgerückt zu werden vermögen, braucht man nur einen Blick auf die angeführten Reihen in der Tabelle und S. 107 zu werfen. Man sieht daraus, daß die Schwefelverbindungen von Wismuth, Antimon, Blei, Eisen, Kupfer, Arsenik, die Phosphorverbindungen von Eisen und Kupfer, die Chlorverbindungen von Blei und Silber, das Jodblei, der Graphit und Stahl sämmtlich unterhalb der ihnen entsprechenden Metalle fallen, wenigstens bei Anwendung von gesäuertem oder gesalzenen Wasser als Zwischenleiter.

Einfluß der Legirung mit andern Metallen. Wenn wir die Resultate, welche in der Beobachtungsreihe von Pouillet über diesen Punct vorhanden sind, zusammenziehen, so ergiebt sich, daß die Schriftgießermischung (Leg. aus 1 Antimon, 4 Blei), das Messing und eine Legirung aus 1 Antimon und 2 Eisen wirklich in der elektrischen Reihenfolge zwischen die Metalle fallen, aus denen sie bestehen *, daß dagegen bei einer größern Anzahl von Legirungen nicht das Nämliche Statt findet, indem sie entweder oberhalb oder unterhalb beider fallen. So fallen das Glockenmetall (Leg. aus 22 Zinn gegen 78 Kupfer) und die Bronze (Leg. aus 11 Zinn und 100 Kupfer) unterhalb beider Metalle, aus denen sie bestehen, hingegen das d'Arcet'sche Metallgemisch (Leg. aus 2 Blei, 3 Zinn, 2 Wismuth) das Schnelloth (Leg. aus 1 Zinn, 2 Blei) **, ferner die Legirung aus 1 Wismuth und 20 Zinn, die Amalgame von Quecksilber mit Zink, Zinn, Blei und Wismuth in sehr verschiedenen Verhältnissen sämmtlich über die Metalle, aus denen sie bestehen. So fand auch Pfaff ***, daß bis zu ¼ mit Zinn oder Blei legirtes Zink in seiner elektromotorischen Kraft auf keine merkliche Weise geschwächt

---

* Das Messing scheint jedoch öfters, wahrscheinlich bei gewissen Verhältnissen seiner Mischung, unterhalb beider Metalle zu fallen. So führt Ritter (Gilb. XVI. 306) an, das Messing stehe bestimmt unterhalb Kupfer und Zink, zwischen Platin und Kupfer. Von zwei Sorten, von denen die eine mehr die andre weniger Zink enthielt, wurde letztre negativer mit dem Kupfer als jene. Durch den Aufbau von Säulen aus 10 bis 12 Lagen Kupfer und Messing und wieder einer Art Messing mit der andern, wurde dieses, durch Froschschenkel oder den Condensator gefundne Resultat, noch vollends bestätigt. So fand auch Marchant (Gilb. XIV. 120) daß eine Säule aus Messing statt Kupfer und mit Zinn legirtem Zink statt bloßen Zinks in Hinsicht der Gaserzeugung einer Säule aus Reißblei und Zink gleich komme.

** Dies fand auch Ritter (Gilb. XVI. 306).

*** Gilb. XI. 129.

wird; Bregnatelli * ſah Legirungen aus Zink und Antimon, und Zink und Queckſilber gegen Silber ſtärker wirken, als irgend ein anderes Metall; Volta ** ſagt, daß ſowohl die elektriſche Wirkſamkeit des Silbers durch etwas Kupfer, als die des Zinks durch etwas Zinn oder Zinn und Blei zugleich in gewiſſem Grade erhöht werde; und endlich Davy *** führt an, er habe gefunden, daß die Schiffsnägel, welche eine Legirung aus Kupfer und Zinn ſind, ſich ſchwach negativ gegen Kupfer verhalten, was mit Pouillet's Reſultaten übereinſtimmt, und daß das Zink- und Zinnamalgam ſich poſitiv gegen die reinen Metalle verhalten. Im Allgemeinen, führt er an, werde ein negatives Metall durch eine Legirung mit einer kleinen Menge eines oxydirbaren (poſitiven) meiſt in ſeiner Negativität noch mehr herabgeſtimmt, wenn die Legirung dadurch an Härte zunehme; ſonſt aber reiche ſchon der Zuſatz einer ſehr kleinen Menge poſitiven Metalls hin, die Legirung poſitiv zu machen. Es iſt Schade, daß Davy keine ſpeciellen Verſuche anführt, welche dieſes etwas allgemein ausgeſprochene Reſultat belegen.

Die erſten und ausführlichſten Beobachtungen über die merkwürdige Verrückung, welche namentlich das Queckſilber, Zink und Zinn durch Legirung mit andern poſitivern Metallen in der elektriſchen Reihenfolge erfahren, hat Ritter angeſtellt †, deſſen Reſultate in dieſem Bezug ich hier folgen laſſe.

Die Amalgame von Zink, Zinn und Blei in verſchiednen Verhältniſſen ſtanden in folgender Reihenfolge unter einander und gegen Zink vom poſitivſten zum negativſten:

1) 1 Zinn, 1 Blei und 2 Queckſilber.
2) 1 Zinn, 1 Blei, 1 Zink und 3 Queckſilber.
3) 1 Zink, 1 Blei und 2 Queckſilber.
4) 1 Zinn, 1 Zink und 2 Queckſilber (Kienmayeriſches Amalg.).
5) 2 Zink, 1 Queckſilber.
6) 1 Zink, 1 Queckſilber.

Alle dieſe Amalgame fielen ſonach über den Zink. — No. 1), 2), 3) und 4), ſtanden übrigens ſehr nahe beiſammen, ſo daß ihre Reihenfolge nicht völlig zuverläſſig beſtimmt werden konnte. Von folgenden Amalgamen, aus reinem, den Tag zuvor aus Zinnober

---

* Journ. de Chim. par van Mons. I. 103.
** Gilb. X. 425. Anm.
*** Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 320. 203.
† Gilb. XVI. 293, auch in Ritter's phyſ. chem. Abhandl. III. 219; einige nachträgliche zum Theil berichtigende Bemerkungen in Ritter Syſtem der el. Körper I. 11 und 161. — Eine ausgedehnte Klaſſe von Erſcheinungen, welche zum Theil von der Poſitivität, die das Queckſilber durch anſcheinend kleine Beimiſchungen poſitiver Metalle erlangt, abhangen, wird in dem Capitel, welches von den eigenthümlichen Bewegungen, in die das Queckſilber unter dem Einfluß der Strome gerath, handelt, erörtert werden. Auch an die Reſultate einiger Verſuche von Wollaston (Gilb. LVIII. 5) iſt hiebei zu erinnern.

durch Eiſen hergeſtellten, Queckſilber mit Stanniol in verſchiedenen Verhältniſſen fiel keines zwiſchen Zinn und Queckſilber, ſondern alle zwiſchen Zink und Blei, in folgender Reihenfolge:

1) Zink
2) Teigartiges Amalgam.
3) ½ Loth Queckſilber mit 1 Quadratlinie Stanniol.
4) Eben noch tropfendes Amalgam
5) 1 Queckſilber, 16 Stanniol
6) Eben bröckelndes Amalgam *
7) Blei

Eben ſo reines Queckſilber, als in den vorigen Verſuchen, wurde in verſchiedenen Verhältniſſen mit ganz feinem Blattſilber verſetzt. Dieſe Legirungen verhielten ſich folgendermaßen:

1) 24 Blätter Silber mit 1½ Drachmen Queckſilbers war poſitiv gegen Queckſilber und Silber, zwiſchen Wismuth und Kupfer.

1) Eine Quadratlinie Blattſilber mit 1½ Drachmen Queckſilber legirt, war gegen Queckſilber und Silber poſitiv, gegen Gold und Platin negativ **.

3) 1 Quadratlinie Blattſilber mit 1½ Drachmen Queckſilber legirt war gegen Queckſilber und Silber poſitiv, gegen Gold und Platin negativ.

Eben ſo reines Queckſilber wurde mit feinem Blattgolde verſetzt. Die Reihe war folgende;

1) 1 Blatt Gold mit 1 Drachme Queckſilber zwiſchen Kupfer und Antimon.

2) 1 Quadrat-Lin. Gold mit 1 Drachme Queckſilber zwiſchen Antimon und Platin.

3) 16 Blätter Gold mit 1 Drachme Queckſilber zwiſchen Platin und Gold.

Alle poſitiv gegen Queckſilber ſo wie Gold ***.

Eine Legirung aus 2 Platin und 1 Queckſilber war ſehr ſtark negativ gegen beide Metalle, fiel nämlich zwiſchen Arſenikkies und

---

* Der Stanniolgehalt war am kleinſten bei 3) und der Ordnung nach größer bei 4), 2), 6) 5).

** Man erinnere ſich aus der Tabelle, daß Ritter das Queckſilber unter Platin und Gold fallend fand. Die Zeit bemerkte keine Veränderung in der obigen Reihenfolge.

*** Obige Reihe, welche ſich nun entſchieden zeigte, wurde ſogleich nach Bereitung der Amalgame bekannt. Als aber 24 Stunden darauf die Verſuche wiederholt wurden, zeigte ſich jetzt eben ſo entſchieden no. 1 zwiſchen Antimon und Platin, no. 2 zwiſchen Platin und Gold daſtehend, und dies neid no. 3 an ſeiner Stelle. Wieder etwa 4 Minuten ſpäter ſtand no. 2 von Neuem zwiſchen Antimon und Platin, doch nicht ſo nahe über Platin, als vorher; no. 1 blieb an ſeinem Orte, eben ſo no. 3 wie anfangs, und in ihrer Stelle hielten ſich dann dieſe Amalgame fort und fort, wie oft ſie auch nachmals noch wieder unterſucht werden mochten.

Graphit. Alle Kupferamalgame von irgend einer Conſiſtenz verhielten ſich negativ gegen Zinn.

Endlich ſtellte noch Ritter verſchiedene Verſuche mit Legirungen aus Zinn, Zink und Blei an, und fand dadurch folgende Reihen von der poſitivſten Legirung herab:

1) 1 Zinn, 1 Blei, 1 Zink
2) 1 Zinn, 1 Blei
3) 1 Zinn, 1 Zink
4) Zink.

und eine andre Reihe:

	Zink		Zinn (Stanniol)
1)	256	:	1
2)	128	:	1
3)	64	:	1
4)	1	:	64
5)	1	:	128
6)	1	:	256
7)	1	:	16
8)	32	:	1
9)	1	:	32
10)	1	:	2
11)	1	:	4
12)	1	:	8
13)	8	:	1
14)	4	:	1
15)	16	:	1
16)	2	:	1
17)	1	:	1
18)	Zink.		

Es fielen mithin alle Legirungen aus Zink mit Zinn oberhalb beider Metalle.

Was hinſichtlich des Umſtandes, wie außerordentlich kleine Beimiſchungen die Stelle der Metalle verrücken können, noch beſondere Bemerkung verdient, iſt, daß bei einer frühern Verſuchsreihe Ritter alle Legirungen der letzt angeführten Reihe von 4) bis 17) an unterhalb des Zinks fallend fand, blos deshalb, weniſtens ließ ſich kein anderer Grund finden, weil der hiebei angewandte Zink, gegen den ſie geprüft wurden, vom Arbeiter am Ende des Guſſes in demſelben, obgleich erſt wieder gereinigten Tiegel, zum Guß zu gleicher Form mit jenen war geſchmolzen worden, in welchem vorher jene geſchmolzen worden waren. Die hiebei vorgegangene, und nur zu einem äußerſt geringen Grade mögliche, Inficirung des Zinks, wie er vor dem Guß war, mit etwas Zinn, war hinreichend geweſen, dieſen Zink ſogleich weit über ſeine wahre Stelle, und damit eine Menge Zinkzinnlegirungen unter ihn zu bringen, die,

wie sich aus spätern Versuchen mit anderm Zink * ergab, über ihn gehört hätten.

Es wäre sehr zu wünschen, daß die Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Metalle durch Legirung mit andern in ihren elektromotorischen Eigenschaften erfahren, mit Hinsicht auf die zugleich Statt findenden Veränderungen in den andern physischen Eigenschaften der Metalle, namentlich der Härte, Sprödigkeit, Dichtigkeit und Schmelzbarkeit wiederholt würden; vielleicht würde hierin eine bis jetzt noch unbekannte Beziehung entdeckt werden.

Für jetzt ist die Ursach dieser eigenthümlichen Verrückungen noch ganz im Dunkeln. Vermuthungsweise, aber auch nur vermuthungsweise, läßt sich allenfalls folgende Ansicht aufstellen. Im Fall die elektromotorischen Eigenschaften der Körper nicht allein von der Beschaffenheit, sondern auch vom Aggregatzustande der Theilchen abhängen, müssen hierin nothwendig Veränderungen vor sich gehen, wenn die Theilchen eines Metalls dadurch, daß die eines andern zwischen sie treten, in veränderte Verhältnisse kommen, und es ist kein Grund anzunehmen, daß die hieraus resultirende Veränderung gerade das Mittel zwischen den vorher bestandnen Eigenschaften beider Metalle treffe, da ja auch die übrigen, vom Aggregatzustand abhängigen, physischen Eigenschaften der Legirungen selten genau die mittlern zwischen den Eigenschaften ihrer Bestandtheile sind.

Vierzehntes Capitel.

Thermoelektrische Ketten **.

Bei allen bisher betrachteten Ketten war die Zwischenwirkung einer leitenden Flüssigkeit wesentliches Bedingniß, damit ein anhal-

---

* Mit solchem, der von derselben Masse genommen war, als zu jenem Zink und den Zinkzinnlegirungen genommen worden; nur daß er in einem Tiegel geschmolzen wurde, wo vorher nichts als Zink gewesen.

** Literatur über die thermoelektrischen Ketten. — Die wichtigsten Untersuchungen über diesen Gegenstand hat Seebeck geliefert in den Denkschr. der Berliner Akademie von 1822 und 1823, wovon sich ein vollständiger Auszug in Pogg. Ann. VI. 1. 133. 253 findet. — Ueber seine Entdeckung dieser Erscheinungen vergl. Gilb. LXXIII. 430. — Außerdem vergl. noch folgende Abhandlungen: Becquerel in Schweigg. J. XXXIX. 448. — Derselbe in Ann. de Ch. et de Ph. XXXI. 371, ausgez. in Pogg. Ann. IX. 345. — Cumming in Schweigg. J. XL. 312. — Fourier und Oersted ebend. XLI. 48. — Delin in Gilb. LXXIII. 423. — Van Beeck ibid. 433. — Nobili in Bibl. univ. XXXVII. 118. 174. — Christie über Wirkungen thermoelektrischer (die Metalle concentrisch enthaltender) Scheiben und Ringe und Anwendung auf den Erdmagnetismus in Schweigg. J. LI. 141 (auch Baumg. u. Ett. Zeitschr. IV. 81). — Stewart Trail (Anwendung auf den Erdmagnetismus) Ed. phil. J. 1824. oct. 758. — Ohm in Schweigg. J.

tender Strom Statt finde, und die Nothwendigkeit davon erhellt aus den ersten Grundsätzen. In der That haben wir erörtert, daß, wenn ein geschlossener Bogen aus zwei heterogenen Metallen ohne Zwischenwirkung einer Flüssigkeit gebildet würde, der von einer Berührungsstelle her strömenden El. auf jedem Metall stets eine gleich starke und gleichartige El. von der andern Berührungsstelle her entgegenströmen würde, die durch ihre wechselseitige Abstoßung die fortgehende Strömung verhindern, und vielmehr einen Zustand des Gleichgewichts herbeiführen würde. Es leuchtet jedoch ein, daß, wenn es ein Mittel gäbe, das elektrische Verhältniß der Metalle an der einen Berührungsstelle so zu verändern, daß sie eine stärkere oder schwächere elektrische Wirkung hier äußerten, als an der andern Stelle, dann kein solcher Gleichgewichtszustand mehr eintreten könnte, sondern daß dann eine Strömung von derjenigen Berührungsstelle aus erfolgen müßte, wo die Wirkung stärker ist.

Die Erfahrung lehrt, Seebecks Entdeckung zufolge, daß dieser Erfolg erreicht wird, wenn man von einer geschlossenen Kette aus zwei Metallen die eine Berührungsstelle erhitzt, während man die andre erkältet oder auf gewöhnlicher Temperatur läßt oder umgekehrt, wenn man die eine Berührungsstelle in Verhältniß zur andern erkältet, mit einem Worte, daß jede geschlossene Kette aus zwei Metallen ohne alle Mithülfe einer Flüssigkeit sofort zur wirksamen wird, wenn man die zwei Berührungsstellen derselben auf eine verschiedene Temperatur bringt.

Ketten dieser Art erhalten den Namen thermoelektrische, auch wohl thermomagnetische, weil man, später zu erörternder Umstände halber, bis jetzt fast blos Wirkungen derselben auf die Magnetnadel hat wahrnehmbar zu machen gewußt. Im Gegensatz gegen sie nennt man die andern, welche bei gleichförmiger Temperatur ihrer Erreger nur durch Zwischenwirkung einer Flüssigkeit Wirksamkeit erlangen, hydroelektrische.

Allerdings scheint die vorige Erklärungsart der Wirksamkeit, welche geschlossene Ketten aus zwei Metallen durch Temperaturdifferenz erlangen, in Widerspruch mit der früher (S. 114) angeführten Thatsache zu stehn, zufolge welcher zwei gleich erwärmte Erregerplatten am Elektrometer keine merklich andre elektrische Spannung zu erkennen geben, als Platten von gewöhnlicher Temperatur.

Indeß, wenn auch dem so ist, so läßt sich doch als möglich denken, daß die Temperatur auf die Schnelligkeit, mit welcher sich die El. von der Berührungsstelle der Metalle aus entwickelt, von Einfluß ist, und begreiflich würde dann diejenige Berührungsstelle die Richtung des Stroms bestimmen, von welcher aus sich in

---

XLVI. 154. — Borne in Ann. de Ch. et de Phys. XXII. 432. — Rörenberg in Baumgartner und Ettingshausen Zeitschr. III. H. 3 (ausgezogen in Schweigg. J. LII. 236). — Kobell in Schweigg. J. LIII. 205.

gleicher Zeit eine größere Menge El. entwickelt. Durch Erfahrung iſt bis jetzt über dieſen Punct noch nichts ausgemittelt; daher wir auch dieſe Anſicht nur als einen möglichen Ausgleichungsweg anführen. Jedenfalls ſcheint es uns verzeihen, in Bezug auf die Möglichkeit einer ſolchen Zurückführung die thermoelektriſchen Ströme für weſentlich gleichartiger Natur mit den hydroelektriſchen zu halten, als beſonders geartete Ströme darin anzunehmen, um ſo mehr, da wir finden werden, daß ſich alle Erſcheinungen der erſtern nach gleichen Geſetzen mit letztern richten, unter der Vorausſetzung, daß der die Strömung hervorrufende Ueberſchuß elektrometoriſcher Kraft an der einen Berührungsſtelle über die an der andern im Allgemeinen nur ſehr gering iſt. In der That dürfte dieſe Abhängigkeit von ganz gleichen Geſetzen, das ſicherſte Kriterium der Identität jener beiden Arten Strömung ſeyn.

Wenden wir uns nach dieſen Vorerinnerungen zu den Erfahrungen ſelbſt. Eine einfache Art, den Seebeck'ſchen Fundamentalverſuch zu wiederholen, iſt folgende:

Man löthe eine Wismuthſtange »W b (Taf. VIII. Fig. 22) mit einem gebogenen Streifen ſtarken Kupferblechs »K K b zuſammen; hiedurch erhält man eine Kette, welche ſchon durch die Wärme der Hand oder der Fingerſpitzen, womit man eine der gelötheten Stellen, a oder b, berührt, eine ſolche Kraft erhält, daß eine, zwiſchen K und W gebrachte Magnetnadel zu einer Abweichung von 10° bis 15° gebracht wird. Dieſe Abweichungen ſteigen bis 50°, 60° ja 70°, wenn man einige Augenblicke lang die Wärme der Flamme einer Spirituslampe auf eine der gelötheten Stellen wirken läßt, und je nach dem dies bei a oder b geſchieht, wird die Magnetnadel öſtliche oder weſtliche Ablenkung zeigen. Eben ſo kann man dergleichen Ablenkungen hervorbringen, wenn man die eine der Löthſtellen mit Eis belegt, während man die andre auf gewöhnlicher Temperatur läßt; die größte Wirkſamkeit aber wird die Kette dann erlangen, wenn man die eine Löthſtelle erhitzt, während man zugleich die andre erkältet.

In allen dieſen Fällen wird die Ablenkung der Magnetnadel nach der Richtung vor ſich gehn, als wenn die Elektricitätserregung am kältern Berührungspuncte überwöge, oder von hier aus die Entwickelung der El. vor ſich gienge, ein Reſultat, das ſich jedoch nicht für alle andre Metalle beſtätigt, da bei mehrern andern, wenn ſie combinirt werden, vielmehr die Strömung von der erwärmten Stelle ausgeht, wie wir weiterhin ſehen werden.

Daß in der That nicht die Wärme an ſich, ſondern nur die Temperatur*differenz* der beiden Berührungsſtellen Urſach der Strömung ſey, läßt ſich leicht dadurch nachweiſen, daß, wenn man die eine Berührungsſtelle erwärmt und die dadurch hervorgebrachte Ablenkung der Nadel beobachtet hat, und man erwärmt nun auch die andre Berührungsſtelle, die Ablenkung ſich mindern, bei gleich-

mäßiger Erwärmung beider Stellen auf Null herabkommen; endlich aber, wenn die zweite Stelle die Temperatur der erſten zu überſteigen anfängt, wieder erſcheinen wird, jedoch nach entgegengeſetzter Richtung.

Auch der Multiplicator kann dienen, indem man ihn in die thermoelektriſche Kette bringt, z. B. indem man ſeine Enden mit einem Wismuth- und Kupferſtabe in Berührung ſetzt und eine Berührungsſtelle mit der Weingeiſtflamme erhitzt, die Wirkung auf die Magnetnadel nachzuweiſen. Doch kann er, Grundſätzen zufolge, die ſpäter entwickelt werden ſollen, hiebei nie ſo viel Vortheil leiſten, als bei hydroelektriſchen Ketten; auch muß ſein Draht ſtärker * und minder lang ſeyn, mithin im Allgemeinen weniger Windungen enthalten, als bei der hydroelektriſchen Kette, wenn überhaupt Vortheil von ſeiner Anwendung zu erwarten ſtehen ſoll, wovon wir den Grund in der Folge einſehen werden. Unſtreitig iſt der Umſtand, daß einige (Fourier und Oerſted) dieſe Verhältniſſe nicht gehörig beobachtet haben, Urſach geweſen, daß ſie mittelſt des Multiplicators nicht nur keine verſtärkte, ſondern überhaupt keine Wirkung thermoelektriſcher Ketten beobachten konnten, da durch anderweite Erfahrungen ſeine Brauchbarkeit in dieſem Bezug allerdings nachgewieſen iſt **.

Zur Entſtehung des thermoelektriſchen Stroms iſt ununterbro-

---

* Oder aus mehrern parallelen Drähten beſtehend.

** Daß die eben angegebenen Verhältniſſe für Multiplicatoren, die für thermoelektriſche Ströme dienen ſollen, nicht blos theoretiſch angenommen worden ſind, ſondern ſich auch auf Erfahrungen ſtützen, geht aus folgenden Angaben hervor. Nobili, dem jene theoretiſchen Beziehungen noch fremd ſind, bemerkt (Ann. de Ch. et de Phys. XXXVIII. 229), diejenigen Galvanometer, welche für hydroelektriſche Ströme die empfindlichſten ſind, ſind es nicht für die thermoelektriſchen, letztere erfodern einen dickern Draht und der weniger Windungen um die Nadel macht. — Colladon (Schweigg. J. N. R. XVIII. 287) erhielt eine ſtarke Ablenkung von einem einzigen thermoelektriſchen Elemente bei Anwendung eines Multiplicators von 100 Windungen, während ein anderer Multiplicator von 500 Umſchlingungen auch bei der ſtärkſten Temperaturdifferenz nicht wirkte. — Becquerel bei ſeinen Verſuchen (in Pogg. Ann. IX.) bediente ſich eines Multiplicators mit 3 oder mehr parallel neben einander aufgewundenen Drähten. — Ohm (Schweigg. J. N. R. XVI. 166) erhielt mit einer Nobiliſchen Doppelnadel mittelſt 60 Windungen eines $\frac{1}{4}$ Lin. dicken Kupferdrahtes durch Berührung mit der warmen Hand Abweichungen, die nicht über 20° kamen, während dieſelbe Kette, wenn ſie blos durch die Drahtlänge einer einzigen ſolchen Windung geſchloſſen wurde, jene Nadel durch Berührung mit der warmen Hand unter einem Winkel einſpielen machte, der 70° nahe überſtieg. — Es ſcheint nach dieſen Erfahrungen und ſelbſt theoretiſch, daß für thermoelektriſche Ketten überhaupt ein Multiplicator aus recht dickem Draht von 2 bis 4 Windungen, um von beiden Seiten auf die Magnetnadel, in der ebenfalls eine Doppelnadel am zweckmäßigſten anzuwenden ſeyn würde, wirken zu können, am vortheilhafteſten ſeyn möchte, daß aber durch die Zahl der Windungen an ſich keine Verſtärkung erzielt werden könne, wegen des verhältnißmäßig weit ſtärkern ſchwächenden Einfluſſes, den die Drahtlänge hiebei, als bei hydroelektriſchen Strömen äußert. (Vergl. das folgende Capitel).

chene metalliſche Continuität des Bogens weſentliches Erforderniß. Ein Blatt Papier, ein Goldſchlägerhäutchen oder eine mit Waſſer benetzte Pappſcheibe zwiſchen die Metalle am kalten Berührungspunct geſchoben, hebt alle Wirkung auf. Die Wirkung iſt dagegen um ſo ſtärker, je vollkommener die metalliſche Continuität iſt; daher ſie, durch Schmelzung mit einander verbunden, ſtärker wirken, als wenn ſie ſich blos äußerlich berühren.

Die Gegenwart der Luft iſt ohne Einfluß auf die Erregung der thermoelektriſchen Strömung, denn unter der Glocke einer Luftpumpe bei 41 Lin. Barometerſtand, gab eine Kette von Wismuth und Kupfer eine Abweichung von gleicher Art und Größe, als nach zugelaſſener Luft, wenn in beiden Fällen die Temperaturdifferenz dieſelbe war.

Die Wirkung bleibt auch gleichgeartet, wenn durch die Hitze der einen Berührungsſtelle eins der ſich berührenden Metalle in Fluß kommt.

Es iſt nicht Kupfer und Wismuth allein, welche, auf die angegebene oder irgend eine Art zum geſchloſſenen Kreiſe combinirt durch ungleiche Temperatur der Berührungsſtellen Wirkungen auf die Magnetnadel äußern, ſondern je zwei beliebige Metalle, auf ſolche Art combinirt, zeigen ein ähnliches Verhalten, nur in verſchiednen Graden der Stärke. In Bezug auf die oben angegebene Anſicht von der Urſach der thermoelektriſchen Ströme theilen ſich hiebei die Metalle, je zwei und zwei zuſammengefügt, in zwei Klaſſen, indem bei den einen, wie bei Zink mit Wismuth, Zink mit Silber, Antimon mit Silber u. ſ. w. der Strom von der erwärmten, bei den andern, wie bei Wismuth und Kupfer, Blei und Silber u. ſ. w. von der erkälteten Berührungsſtelle ausgeht, wobei das Verhältniß der Metalle zu einander wie in der gewöhnlichen galvaniſchen Spannungsreihe angenommen wird.

Wollten wir jedoch, was für die Einheit der Betrachtung im Gebiet der thermoelektriſchen Erſcheinungen nicht unvortheilhaft iſt, den Ausgangspunct des Stroms ſtets bei der wärmern Stelle annehmen, ſo würden wir, um die beobachtete Richtung der Ablenkung der Nadel zu erklären, zugleich annehmen müſſen, daß in den Fällen, wo er, wie bei Wismuth und Kupfer, nach ihrem Verhältniß in der galv. Spannungsreihe betrachtet, thatſächlich von der kältern Stelle ausgeht, hier durch die Temperaturdifferenz eine Umkehrung dieſes Verhältniſſes Statt gefunden habe, und unter dieſer Vorausſetzung würde ſich für die thermoelektriſchen Erſcheinungen eine andre Reihe der Metalle ergeben, als diejenige, die wir unter dem Namen der galvaniſchen Spannungsreihe kennen.

Da ſich unter letztrer Annahme die Richtung der Ablenkung, welche einer Magnetnadel durch je zwei combinirte Metalle ertheilt werden muß, leichter überſehen läßt, ſo wollen wir ſie bei Aufſtellung der thermoelektriſchen Reihe zu Grunde legen, in welcher

jedes Metall positiv mit dem ihm in der Reihe folgenden, negativ mit dem in der Reihe vorstehenden wird, unter der Annahme, daß die Erregungsstelle des Stroms stets an der wärmern Stelle ist. Wollten wir, was wir eben so gut könnten, da überhaupt hier nur eine Fiction zu Grunde liegt, annehmen, daß sie stets an der kältern sey, so würde natürlich die Reihe gerade die umgekehrte Richtung haben müssen.

Es könnte überhaupt zweifelhaft scheinen, ob unter diesen Voraussetzungen eine solche Reihe der Metalle sich aufstellen ließe; indeß haben die Erfahrungen der Physiker gelehrt, daß dem in der That so sey. Die sorgfältigste Aufstellung derselben hat Seebeck gegeben, indem er die Reihe nicht blos obenhin nach der Beschaffenheit der Metalle geordnet hat, sondern zugleich auf die verschiedene Reinheit der Metalle, welche von wesentlichem Einfluß auf ihre Stelle in der thermoelektrischen Reihe ist, Rücksicht genommen. Diese Reihe ist nach ihm folgende *.

Positives Ende der Reihe.

1) Tellur [1], ein Korn, von Hrn. Bergemann aus dem Oxyd reducirt.
2) Antimon [2]. a) Von Hrn. H. Rose;
   b) reines von Hrn. Bergemann;
   c) wie es im Handel vorkommt.
3) Arsenik [3], sublimirtes, ganz reines.
4) Eisen [4]. a) chemisch reines, von Berzelius;
   b) von den besten in Berlin im Handel vorkommenden Stangen und Blechen.

---

* Die Untersuchungen Seebecks machen die Aufführung derer von Cumming (Schweigg. J. N. R. X.) und Becquerel (Pogg. Ann. IX. 356) überflüssig. — Seebeck verfuhr bei Ausmittelung der obigen Reihe so, daß er an das eine Metall eines Bogens aus je zwei Metallen, an einer Berührungsstelle derselben, eine heiße Scheibe aus gleichartigem Metall oder von oxydirtem Kupfer applicirte.

[1] Das gediegene Tellur nimmt eine gleiche Stelle mit dem von Bergemann reducirten ein, obgleich das erstre nach Berzelius eine beträchtliche Quantität Selen enthält, das letztre aber frei davon ist.

[2] Zwischen Antimon und Stabeisen liegt blättriger Magnetkies von Bodenmais, silberhaltiger Wismuthspiegel von Deutsch-Pilsen. Ueber Antimon liegen Kupferglanz, Buntkupfererz.

[3] Zwischen Arsenik und Stahl steht das Achner gediegene Eisen, das Meteoreisen von Collina di Brianza bei Villa in Mailand, unächtes gediegenes Eisen von Groß-Kamsdorf und das gediegene Eisen aus der Grafschaft Sayn-Altenkirchen.

[4] Alle Arten von Roheisen nehmen eine tiefere Stelle in der Reihe ein, als das Stabeisen. Allein nicht alle Flächen der Bruchstücke eines Roheisenstoffes verhalten sich gleich in der Wirkung (vergl. hierüber die Tabelle in Pogg. VI. 157).

5) Stahl [5], mehrere Stücke englischen und deutschen Guß- und Cämentstahls.

6) Cadmium [6]. a) von Hrn. Stromeyer;
b) von Hrn. Bergemann.

7) Platin [7], no. 1. a) ein Löffel; b) ein Spatel; c) der Deckel eines Platintiegels.

8) Wolfram, aus reinem Oxyd mit Kohle reducirt von Hrn. Poggendorff.

9) Kupfer [8], no. 1. Cämentkupfer, a) mit Zink, b) mit Eisen aus Kupfervitriol reducirt.

10) Zink, a) gereinigtes, von Hrn. Bergemann; b) schlesisches, wie es in Handel gebracht wird.

11) Silber, a) aus Chlorsilber reducirt von Hrn. Fermbstädt;
b) Kapellensilber in Stangen.

12) Gold, no. 1. a) aus dem Oxyd reducirt durch Hrn. Frick;
b) durch Antimon gereinigt in der Fabrik der Herren Hensel und Schumann.

13) Iridium, von Hrn. Barruel.

14) Rhodium, a) von Hrn. Barruel;
b) von Hrn. Wollaston.

15) Kupfer [9], no. 2.; in Berlin im Handel vorkommend, nach H. Rose weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel enthaltend.

16) Molybdän, von Hrn. Barruel.

17) Chrom, ein kleines, von Hrn. Bergemann reducirtes, Korn, von stahlgrauer Härte.

18) Platin, no. 2.; eine Stange, 1802 von Jeannetty erstanden.

19) Zinn, a) böhmisches;
b) englisches.

20) Blei, a) reines, von Hrn. Karsten;
b) käufliches.

---

[5] Englischer Graphit stand zwischen Stahl und Zink.

[6] Zwischen Cadmium und Platin steht das gediegene Eisen von New-Jersey.

[7] Ein großes, 4 Loth schweres, Korn von Platin aus New-Granada, so wie alles größere Platingeschiebe von Santa Fé und Choco steht in der Reihe bei Platin no. 1. Rohes Platin mit Arsenik zusammengeschmolzen und von letztrem ungefähr 9½ pr. C. enthaltend, steht noch höher als Platin no. 1.

[8] Alles gediegene Kupfer nimmt mit dem künstlich erzeugten Cämentkupfer gleiche Stelle ein. Uebrigens behält das durch Eisen aus Kupfervitriol hergestellte Cämentkupfer die Stelle zwischen Zink und Platin no. 1 nur so lange, als es in der ursprünglichen Form, wie es reducirt worden, bleibt. Wird es im Thontiegel für sich, ohne Zusatz irgend eines Flußmittels, geschmolzen, so tritt es nach dem Erkalten genau in die Stelle des Kupfers no. 2, mit welchem auch die oktaedrischen und pyramidalen Garkupferkrystalle gleiche Stelle einnehmen.

[9] Zwischen Kupfer no. 2 und Zinn steht das gediegene Eisen von Groß-Kamsdorf.

21) Quecksilber, vom reinsten, im Handel vorkommenden.
22) Platin, no. 3.; ein kleines geschmiedetes Stück unbekannten Ursprungs.
23) Messing, no. 1.
24) Kupfer, no. 3.; a) geschmolzenes von Neustadt-Eberswalde;
α) welches über die Hammergare hinausgetrieben war;
β) welches noch nicht hammergar war;
γ) welches die Hammergare hatte;
b) in Berlin im Handel vorkommend, nach Hrn. Rose weder Silber, Eisen, Blei noch Schwefel haltend.
25) Gold, no. 2.; eine Stange von ungrischem Ducatengolde, nach Hrn. Rose 90,00 Gold, 6,6 Silber und 4,3 Kupfer und Eisen haltend.
26) Messing, no. 2.
27) Titan, aus Eisenschlacken von der Königshütte in Oberschlesien ausgeschieden, von Hrn. Karsten.
28) Mangan, a) reducirt von Hrn. Barruel;
b) von Hrn. Poggendorff.
29) Kupfer, no. 4.; zwei zu verschiedenen Zeiten von Hrn. Bergemann aus reinem Oxyd mit schwarzem Fluß reducirte Körner.
30) Uran, von Hrn. Bergemann, Eisen enthaltend.
31) Platin, no. 4.[10]; a) ein Tiegel aus Klaproths Laboratorium; b) reines, mehrere Stücke von Hrn. Bergemann, Frick, Jeannetty, Wollaston gereinigt.
32) Palladium; a) von Hrn. Barruel;
b) von Hrn Wollaston.
33) Kobalt; a) von Hrn. Barruel;
b) von Hrn. Bergemann;
c) von Hrn. Hermbstädt, nicht ganz frei von Eisen.
34) Nickel; a) von Hrn. Frick aus reinem Oxyde hergestellt;
b) vom verstorbenen Richter dargestellt.
35) Wismuth[11]; a) wie es in Berlin im Handel vorkommt;
b) aus reinem Oxyd von Hrn. Rose reducirt.

---

[10] Mit Platin no. 4 nimmt gleiche Stelle ein das Platin von Cerro di Frio in Brasilien, welches nach Wollaston beinahe völlig rein ist. Zwischen Platin no. 4 und Nickel haben ihren Platz die Meteoreisen aus Sibirien, Zatacecas in Mexico, Elnbogen, Agram, Tucuman, Plann bei Tabor (angeblich) Gouv. Minsk, Eibenstock, New-Orleans, Tocavita bei Bogota, die im Frischfeuer gewesene Bitburger Masse. — Von den meisten dieser Meteoreisen ist bekannt, daß sie Nickel enthalten, und dieses scheint also vorzüglich dazu beizutragen, dem Eisen eine so tiefe Stelle in der Reihe zu geben. Von den gediegenen Arten stehen die unreinern Arten tiefer, die reinern höher in der Reihe. — Außerdem liegen noch zwischen Platin no. 4 und Nickel Kobaltnickelglanzerz, Kupferkies, Nickel, Antimon, Eisenglanz.

[11] Unter den Erzen fällt der Bleiglanz noch unter Wismuth. — Zwischen Wismuth und Nickel liegen: Schwefelkies, Arsenikkies, weißer und grauer

Man kann aus dieser Reihe, welche unter der angegebenen Voraussetzung gilt, sofort sehen, in welchen Fällen für die richtigere Voraussetzung der Strom von der kältern oder der wärmern Stelle ausgeht; von der wärmern nämlich in allen den Fällen, wo die beiden combinirten Metalle einander nach derselben Richtung in dieser thermoelektrischen Reihe succediren, als in der galvanischen Spannungsreihe, von der kältern in allen denen, wo sie in umgekehrter Folge stehen.

Die Ortsbestimmungen der Metalle in der angegebenen Reihe gründen sich auf vielfach wiederholte Versuche und können für die ersten Grade der Temperaturdifferenz als sicher und unveränderlich angesehen werden, gelten auch für die meisten Metallcombinationen bei sehr beträchtlichen Temperaturdifferenzen der Berührungspuncte. Von dieser Sicherheit der genauen Bestimmung sind jedoch auszunehmen einige nahe stehende Metalle, wie z. B. **Kobalt** gegen **Palladium**, **Quecksilber** gegen **Platin 3**, **Chrom** gegen **Zinn**, ferner die Stellen von **Kupfer 1**, **Platin 1** und **Cadmium** gegen einander. Von den meisten dieser letztern Metalle besaß **Seebeck** nur kleine Körner, so daß ihr Verhalten gegen einander nicht auf die gewöhnliche Weise durch Bildung größerer Bogen geprüft werden konnte. Sie wurden daher vorläufig nach der größern oder geringern Stärke ihrer Wirkung mit andern ihnen nahe stehenden Metallen geordnet und dabei denen, welche in der Verbindung mit mehrern in der Mitte der Reihe stehenden Metallen die stärkste Wirkung zeigten, eine Stelle näher nach den Enden der Reihe angewiesen.

Es verdient Bemerkung, daß von der geringen Anzahl thermoelektrisch wirksamer Erze, welche in den vorigen Anmerkungen angeführt sind *, der größte Theil sich an den äußersten Enden der thermoelektrischen Reihe anhäuft, und daß keines entschieden über das sechste Metall an den beiden Enden der Reihe nach der Mitte zu zu stehen kommt. Die dehnbaren und streckbaren Metalle (namentlich Gold no. 1 und no. 2, Silber, Kupfer no. 2, Zinn, Blei und Zink), behielten dieselbe Stelle, sie mochten in dem Zustande, wie sie vom Guß kamen, oder nachdem sie durch Hämmern und Walzen zu einem dichtern Gefüge ge-

---

Speiskobalt, Wismuthspiegel, Magneteisenstein. — Durch Schmelzung bereitete Verbindungen von Wismuth und Schwefel in verschiedenen Verhältnissen zeigten sich beinahe dem reinen Wismuth gleich.

* Keine Wirkung mit Kupfer no. 2, wenigstens in mäßig erhöhten Temperaturzuständen, zeigten: Glaserz (krystallinisches und sprödes), Rothgültigerz, Zinnkies, Spießglanzbleierz, Zinkblende (schwarze, braune und gelbe), Wismuthglanz von Riddarhytta, Nadelerz, Rauschgelb, Wasserblei, Rothkupfererz, Chromeisen, Fahlerz, Graugültigerz, Weißgültigerz, Titaneisen, Iserin, Rutil, Hornsilber, Hornblei, Bleivitriol, Weißbleierz, Grünbleierz, Eisen- und Kupfervitriol u. s. w. Gänzlich unwirksam sind alle erdartigen Fossilien, alle Salze und alle brennbaren nicht metallischen Körper, namentlich Steinkohlen.

bracht werden, mit einander oder mit den übrigen Metallen verbunden seyn. Anders verhielten sich diejenigen metallischen Körper, welche durch verschiedene Art der Abkühlung, durch langsame oder plötzliche Erstarrung in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit versetzt werden *, und zwar werden diese, nach den in der Anm. beigefügten Resultaten, durch Ertheilung eines sprödern Zustandes in der Reihe herabgerückt, durch Ertheilung eines dehnbarern Zustandes heraufgerückt.

Seebeck hat auch Versuche über die thermoelektrische Reihe vieler Legirungen angestellt, die zu nicht uninteressanten Ergebnissen geführt haben. So zeigen, wie aus der zuerst folgenden Tabelle erhellt, die Legirungen von Wismuth mit Blei, und von Wismuth mit Zinn das Merkwürdige, daß sie höher als Kupfer no. 2 stehen, wenn das Wismuth in ihnen vorwaltet, tiefer dagegen, wenn jenes Metall nur den vierten Theil der Legirung ausmacht, so daß es also eine Legirung dieser Metalle in solchen Verhältnissen geben muß, daß ihre thermoelektrische Wirkung mit Kupfer no. 2, ungeachtet der Temperaturdifferenz an den Berührungspuncten null ist. Eben so muß unter den Legirungen von Wismuth und Antimon eine vorkommen, die mit Kupfer no. 2 keine Wirkung giebt.

Aus der zweiten der nachfolgenden Tabellen erhellt ferner, daß einige der leichtflüssigen Legirungen, namentlich die von d'Arcet, und ein paar Legirungen von Wismuth mit Zinn eine verschiedene Stelle einnehmen, je nachdem sie sich im festen oder flüssigen Zustande befinden, daß ferner einige derselben nach dem zweiten Erstarren an einer andern Stelle in der Reihe gefunden werden, als im ursprünglichen festen Zustande derselben, nach dem Guß *.

---

* Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgelöscht worden, nahm jedesmal eine tiefere Stelle zwischen Kupfer no. 2 und Platin no. 1 ein, als der langsam an der Luft abgekühlte. Welches genaue Verhältniß auf dieselbe Art behandelt, gegen ein gleiches Verhalten langsam abgekühlt dem es zwischen Blei und Messing no. 2, oder abgekühlt zwischen Gold no. 2 und Platin no. 1. — Beide Körper können durch die entgegengesetzte Art der Abkühlung mehrmals nach einander bald in die tiefere, bald in die höhere Stelle der Reihe versetzt werden. Eine Legirung von 28 Kupfer und 72 Zinn, welche an der Luft langsam abgekühlt, spröde ist, und nach plötzlichem Erkalten im Wasser unter dem Hammer streckbar wird, nimmt nach der langsamen Abkühlung eine tiefere zwischen Platin no. 2 und Zinn, und nach der schnellen Abkühlung eine höhere zwischen Gold no. 1 und Kupfer no. 2 Stelle ein. Auch diese Legirung kann durch das angegebene Verfahren mehrmals nach einander abwechselnd tiefer und höher in der Reihe gestellt werden. — Nachstehende Körper wurden, sowohl nach schneller, als nach langsamer Abkühlung, an folgenden Stelle in der Reihe gefunden: Stahlerz, Platin no. 4, Gold no. 1, Silber, Legirung von 3 Kupfer und 1 Wismuth, von 1 Wismuth und 3 Antimon, von 1 Kupfer und 1 Antimon, von 3 Kupfer und 1 Antimon, von 1 Wismuth und 1 Zinn.

** Die beigefügten Römischen Ziffern in der zweiten der nachfolgenden Tabellen sollen blos zur leichtern Auffindung einer und derselben Legirung in den verschiedenen Columnen dienen. — Diejenigen dieser Legirungen, welche im flüssi-

I.

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
	3 Antimon 1 Zink.
	1 Antimon 1 Zinn.
Antimon. . . .	. . . . .
	1 Antimon 3 Zink.
	1 Wismuth 3 Antimon.
	3 Wismuth 1 Zinn.
Stabeisen. . . .	. . . . .
Stahl.	. . . . .
	1 Antimon 3 Zinn; — 1 Antimon 1 Zinn; — 3 Antimon 1 Zinn.
	1 Antimon 3 Bley; — 1 Antimon 1 Blei; — 3 Antimon 1 Blei.
	1 Antimon 3 Kupfer; — 1 Antimon 1 Kupfer; — 3 Antimon 1 Kupfer.
	1 Antimon 1 Kupfer.
	3 Wismuth 1 Blei (Rose's Gemisch).
Zink.	. . . . .
	1 Wismuth 1 Zinn (d'Arcet's Gemisch).
Silber.	. . . . .
Gold no. 1. . .	. . . . .
	1 Wismuth 1 Blei.
Kupfer no. 2. .	. . . . .
	1 Wismuth 3 Zinn.
Platin no. 2. .	. . . . .
	1 Wismuth 3 Blei.
	1 Wismuth 3 Zink.
Zinn.	. . . . .
Blei.	. . . . .
Gold no. 2. . .	. . . . .
Platin no. 4. .	. . . . .

gen Zustande eine andre Stelle in der Reihe einnehmen, als im festen, kommen in jenem immer höher zu stehen, als in diesem. Der höhere Stand einiger Legirungen nach ihrem zweiten Erstarren möchte nach Seebeck's Vermuthung wohl häufig, wenn auch nicht in allen Fällen, einer während des flüssigen Zustandes durch ungleiche Ordnung der Metalle eingetretenen Veränderung des Mischungsverhältnisses derselben zuzuschreiben seyn. Die Legirung von Wismuth und Zinn zu gleichen Theilen zum zweiten Mal in Fluß gebracht, nahm wieder die tiefere Stelle in der Reihe ein und wurde nach dem dritten Erstarren wieder an der vorigen Stelle zwischen Zink und Stahl gefunden. Das d'Arcet'sche Gemisch blieb nach dem zweiten Erstarren im festen sowohl als flüssigen Zustande über dem Zink.

Paarlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Nickel.	. . . . .
	1 Wismuth 3 Kupfer.
	1 Wismuth 1 Kupfer.
	3 Wismuth 1 Kupfer.
	3 Wismuth 1 Zink.
	3 Wismuth 1 Antimon.
Wismuth. . . .	. . . . .

II.

Paarlich hergestellte Metalle.	Legirungen		
	Im festen Zustande, wie sie vom Guß kommen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande nach dem zweiten Erhitzen.
Antimon . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . . .	3 Wismuth 1 Zinn.	3 Wismuth 1 Zinn	3 Wism. 1 Zinn
Stabeisen .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Stahl . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	. . . . .	. . . . .	I. d'Arcet's Gemisch.
. . . .	. . . . .	. . . . .	II. 1 Wismuth, 1 Zinn.
. . . .	Rose's Gemisch.	Rose's Gemisch.	Rose's Gemisch.
. . . .	3 Wismuth 1 Blei.	3 Wismuth 1 Blei.	3 Wism. 1 Blei.
. . . .	I. d'Arcet's Gemisch.	. . . . .	. . . . .
. . . .	II. 1 Wismuth 1 Zinn.	. . . . .	. . . . .
Silber . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	. . . . .	. . . . .	III. Amalgam von Wism., Blei, Zinn u. Quecksilber.
Gold no. 1.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	. . . . .	I. d'Arcet's Gemisch.	IV. 1 Wismuth, 3 Zinn.
. . . .	1 Wismuth 1 Blei.	1 Wismuth 1 Blei.	1 Wism. 1 Blei.
Kupfer no. 2.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	. . . . .	II. 1 Wism. 1 Zinn.	. . . . .
. . . .	IV. 1 Wismuth 3 Zinn.	IV. 1 Wismuth 3 Zinn.	. . . . .

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.		
	Im festen Zustande, wie sie vom Guß kommen.	Im flüssigen Zustande.	Im festen Zustande nach dem zweiten Erstarren.
Platin no. 2.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	III. Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.	. . . . .	. . . . .
	1 Wism. 3 Blei.	1 Wism. 3 Blei.	1 Wism. 3 Blei.
Zinn . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Blei . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Kupfer no. 3.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Gold no. 2.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
. . . .	. . . . .	III. Amalgam von Wismuth, Blei, Zinn u. Quecksilber.	. . . . .
Platin no. 4.	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Nickel . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Wismuth .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

III.

Künstlich hergestellte Metalle.	Legirungen.
Tellur.	. . . . .
Antimon.	. . . . .
. . . . .	Regulus antimonii martialis.
. . . . .	Wootz mit 1 p. C. Rhodium.
. . . . .	Wootz mit 1 p. C. Platin.
. . . . .	Wootz.
. . . . .	Platin mit 9, 5 p. C. Arsenik.
Stabeisen. . . .	. . . . .
Stahl.	. . . . .
	Kohle *, angeblich thermooxydirte.
Platin no. 1. . .	. . . . .
Zink.	. . . . .
Silber.	. . . . .

* Kohle von Fichten- und Büchenholz und von Haselnuden zeigte sich in der Verbindung mit den Metallbogen gänzlich unwirksam, so wie auch (feste) Seien.

Künstlich dargestellte Metalle.	Legirungen.
. . . . .	Probestangen von 12 bis 16 löthigem Silber.
Gold no. 1. . . .	. . . . .
. . . . .	Probestangen von 2 bis 11 löthigem Silber.
. . . . .	Spiegelcomposition aus 2 Kupfer und 1 Zinn.
. . . . .	Ein Korn, bestehend aus Rhodium, Palladium und etwas Platin.
. . . . .	Preußische Thaler von 1820 und 1821.
Kupfer no. 2. . .	. . . . .
. . . . .	Tutania-Metall.
. . . . .	Fischers gelber Stahl, das eine Ende.
. . . . .	6 Stück Friedrichsd'or.
Platin no. 2. . .	. . . . .
Zinn.	. . . . .
Blei.	. . . . .
. . . . .	3 Stück Doppel-Friedrichsd'or.
. . . . .	Glockengut aus 100 Kupfer und 20 Zinn.
. . . . .	Messing no. 1.
. . . . .	. . . . .
Kupfer no. 3. . .	. . . . .
Gold. no. 2. . .	Fischers gelber Stahl, das andre Ende.
. . . . .	Messing no. 2.
. . . . .	Eisen, reducirt durch die galvanische Kette, 2 p. C. Zink enthaltend.
. . . . .	Roheisen, 2 bis 3 p. C. Zink enthaltend.
Kupfer no. 4. . .	. . . . .
Platin no. 1. . .	. . . . .
Palladium. . . .	. . . . .
. . . . .	Suhler Weißkupfer.
. . . . .	Leg. von 54,88 Kupfer, 6,23 Nickel, 38,89 Zink.
	— — 61,74 — 7,01 — 31,25 —
	— — 89, 8 — 10,2 —
	— — 16 — 5 — 10 —
	— — 5 — 7 — 7 —
	Leg. von 10 Kupfer, 2 Nickel
	— — 10 — 1 —
	— — 2 — 1 —
Nickel.	. . . . .
. . . . .	Alle Amalgame von Wismuth.
Wismuth.	. . . . .

Dem ersten Anblick nach scheint es, daß selbst durch eine Temperaturdifferenz in Bogen homogener Metalle eine Strömung der El. erregt werden kann. In der That erschienen die Zeichen einer solchen bei den auf S. 126 ff. angeführten Platin-, Gold- und Kupfersorten nicht allein, wenn ihrer zwei von gleichnamiger Art in Form von Stangen oder Blechstreifen verbunden waren, wo dann schon eine mäßige Erwärmung eines der Berührungspuncte eine nicht unbeträchtliche Strömung erregte; sondern in den meisten dieser Metalle entstand eine solche auch dann, als sie nur einfache und durchaus gleichartige Kreise bildeten, wofern ein Theil derselben in der Temperatur erhöht oder erniedrigt ward. Ein gleiches Verhalten zeigten mehrere andere Metalle, von denen einige zu den homogensten gezählt werden müssen, die überhaupt zu diesen Versuchen angewandt worden. Alle einfachen homogenen Kreise erfoderten jedoch, um gleich starke Strömung mit den aus zwei Sorten reinen Metalls zusammengesetzten Ketten zu erregen, eine bedeutend stärkere partielle Temperaturerhöhung als diese.

Am stärksten wurde die Strömung in den einfachen Metallkreisen gefunden, wenn ein Theil derselben sich im fließenden oder glühenden Zustand befand, und wenn die Enden des die Magnetnadel umgebenden gleichartigen Metallbogens wechselsweis in den fließenden Theil eingetaucht wurden, oder wenn ein Ende eines nicht erydirbaren Metallbogens glühend mit dem andern kalten Ende desselben in Berührung gebracht ward *.

Eine genaue Untersuchung der solche Erscheinungen hervorbringenden einfachen Bogen hat jedoch Seebeck das Ergebniß ziehen lassen, daß in der That bei allen derselben doch keine vollkommene Homogeneität Statt finde; indem solche Bogen immer an gewissen Puncten stärker als an andern das Vermögen besaßen, durch Erwärmung oder Erkältung zur Strömung disponirt zu werden, und indem sich selbst die wirklich Statt findende Heterogeneität öfters durch Verschiedenheit des Gefüges an verschiedenen Stellen kund that.

Auch lassen sich keineswegs in allen einfachen Metallbogen Strömungen erwecken. So konnte in einem gegossenen Rahmen von Messing keine Spur davon bemerklich gemacht werden, so wie sich überhaupt in den dehnbaren und strengflüssigen Legirungen nicht so leicht als in spröden und leichtflüssigen Legirungen die zur Erweckung einer Strömung nöthige Heterogeneität zu bilden scheint **.

* Man kann [illegible] den Multiplicator [illegible] Einfluss nachweisen, indem man beide Enden des Multiplicatordrahts [illegible], oder zwei Spiralen von homogenem Metall [illegible] eine dieser Spiralen glühend macht und dann mit der andern kalten Spirale [illegible].

** Eben so wenig konnte [illegible] der Temperaturveränderung [illegible] einfachen Kreisen, wie [illegible] Metalle, z. B. Platin no. 4, Gold no. 1, [illegible] und Kupfer no. 2 eine Strömung erregt werden. [illegible] I. in Pogg. VI. 254.

Auf einer solchen Heterogeneität in ihren einzelnen Theilen beruht auch ganz die nicht nur von Seebeck, sondern auch von Pelin * beobachtete Wirkung, welche scheinbar homogene gerade einfache Metallstangen und Scheiben, bei eintretender Temperaturdifferenz öfters auf die Magnetnadel äußern, indem sie hiedurch ebenfalls unter die Anordnung einer in sich zurücklaufenden Kette aus zwei heterogenen Materien treten. Doch sind es nur die spröden, sich durch leichte Krystallisirbarkeit auszeichnenden leichtflüssigen Metalle und einige Legirungen, welche in solcher Form einer deutlichen, obwohl schwachen, Strömung fähig sind; und gewöhnlich scheint eine ungleiche Abkühlung beim Guß der Metalle Schuld an dieser Heterogeneität zu seyn. Seebeck hat über diesen Gegenstand viele Versuche angestellt, hinsichtlich deren wir auf seine eigne Abhandlung verweisen **.

Es ist wichtig zu bemerken, daß die thermoelektrischen Reihen, wie sie angegeben sind, keineswegs für alle Grade der Temperaturdifferenz gültig bleiben; sondern, wie auch schon bemerkt, nur für niedrigere Temperaturdifferenzen genau sind. Bei höhern Temperaturdifferenzen ändern mehrere derselben ihre Stelle in der Reihenfolge, wie außer Seebeck, dessen Untersuchungen wiederum hierin die vollständigsten sind, auch Cumming und Becquerel wahrgenommen haben.

In der That fand Seebeck, daß die auf S. 126 ff. angeführte Reihe, als er höhere Temperaturdifferenzen *** einwirken ließ, jetzt folgende war:

Positiv.	
1. Antimon	10. Stabeisen
2. Silber	11. Stahl
3. Zink	12. Zinn
4. Gold no. 1.	13. Blei
5. Kupfer no. 2.	14. Platin no. 1.
6. Gold no. 1.	15. Platin no. 1.
7. Kupfer no. 3.	16. Platin no. 4.
8. Kupfer no. 4.	17. Palladium
9. Messing no. 7.	18. Nickel-Legirung
	19. Wismuth.

Hinsichtlich näherer Erörterungen verweisen wir auf Seebeck's † und Becquerel's Abhandlungen ††.

Wir gehen jetzt dazu über, mehrere Data, welche die Erfahrung in Bezug auf die Wirksamkeit thermoelektrischer Ketten kennen gelehrt hat, anzuführen.

---

* Gilb. Ann. 1823. St. 4.

** Pogg. VI. 289.

*** Uebrigens nach demselben Verfasser als dem

† Pogg. VI. 384.

†† Pogg. IX. 353.

In der Regel findet man, daß die Größe des thermoelektriſchen Stroms um ſo mehr wächſt, je größer die Temperaturdifferenz zwiſchen den beiden Berührungsſtellen iſt. Jedoch ſteigt ſie keineswegs überall gleichförmig mit der Temperatur; ja bei manchen Metallen nimmt ſie mit höherer Temperaturdifferenz wieder ab, wird endlich null, um bei noch höherer in die entgegengeſetzte Strömung überzugehen, wo dann die vorhin erwähnten Umkehrungen eintreten. So wächſt nach Becquerel in einer Kette von Eiſen und Kupfer, wenn ſich anfangs beide Berührungsſtellen auf null Grad befinden, und man ſucceſſiv die eine erwärmt, von 0° bis 140° C. die Intenſität des Stroms für jeden gleichen Temperaturanwachs um eine gleiche Größe. Von 140° C. an verringert ſich die Zunahme ziemlich raſch; bei 300° C. iſt ſie kaum noch merkbar, und bei noch höherer Temperatur erfolgt Umkehrung. Faſt eben ſo verhalten ſich Silber und Gold in Berührung mit Eiſen; nur iſt die Temperatur eine andre, bei welcher die Anwüchſe der Kraft des Stroms aufhören, den Anwüchſen der Temperatur proportional zu ſeyn.

Becquerel glaubt aus ſeinen Verſuchen den Schluß ziehen zu können, daß, je höher der Schmelzpunct der Metalle liegt, deſto länger auch die Anwüchſe der Kraft des Stroms denen der Temperatur der einen Löthſtelle, während die andre auf 0° bleibt, proportional bleiben. So waren für Platin, ſo wie für Palladium, bei Prüfung mit Eiſen die Unterſchiede zwiſchen den auf einander folgenden Anwüchſen der Kraft des Stroms den ſteigenden Temperaturdifferenzen faſt genau proportional. Becquerel hat hievon, indem er eine Kette aus zwei Drähten von verſchiedenem Platin anwendet, bei denen er dieſe Proportionalität als noch für ſehr hohe Temperaturen gültig vorausſetzt, eine Anwendung zur Meſſung ſehr hoher Temperaturen gemacht, z. B. zur Beſtimmung der Hitzgrade der verſchiedengefärbten Zonen der Weingeiſtflamme *.

Durch ein Verfahren, welches im folgenden Capitel auseinander geſetzt werden wird, hat Becquerel ferner gefunden, daß gleichen Temperaturdifferenzen keineswegs allgemein gleiche Kräfte des Stroms entſprechen, ſondern daß die Kraft des Stroms im Allgemeinen eine andre iſt, je nachdem dieſelbe Temperaturdifferenz in höhere oder niedrigere Temperatur fällt. So z. B., als von einer Kette aus Eiſen und Kupfer die eine Löthſtelle ſich auf 0° die andere auf 50° C. befand, fand ein Strom Statt, deſſen Stärke wir = 100 ſetzen wollen. Als die eine Löthſtelle auf 150°, die andre auf 100° erhitzt war, mithin noch dieſelbe Differenz von 50°, nur in einer höhern Temperatur, Statt fand, betrug die Stärke des

* Als Resultat ergab ſich, daß die Temperatur 1350° C. die beträchtlichſte iſt, die ein Platindraht von $\frac{1}{2}$ Mill. Dicke in einer Weingeiſtflamme annehmen kann, und ſie entſpricht genau den Puncten der blauen Zone, welche den leuchtenden Theil der Flamme begrenzen (Pogg. IX. 358).

Stroms blos 818, und ähnliche Erfolge fanden bei andern Versuchen Statt.

Nach welchen Gesetzen diese Aenderung der Kräfte mit der Temperatur erfolgt, ist noch nicht ausgemittelt; indeß glaubt doch Becquerel als Resultat seiner Versuche eine Beziehung aufgefunden zu haben, zufolge welcher man, wenn man die Kräfte des Stroms bestimmt hat, welche Statt finden, wenn eine Löthstelle stets auf Null erhalten, und die andre successiv auf höhere Temperaturgrade gebracht wird, dann die Stärke des Stroms für jede Differenz in beliebigen Temperaturen bestimmen kann. Wir wollen die Regel, welche dieses Gesetz ausdrükt, an einem Beispiel erläutern.

Gesetzt die eine Löthstelle eines Bogens von Eisen und Kupfer befinde sich auf 50° C., die andre auf 100° C., so bestimme man die Kraft des Stroms für den Fall, wo die eine Löthstelle sich auf 0° die andre auf 50° befindet *, dann für den Fall, wo die eine Löthstelle sich auf 0°, die andre auf 100° C. befindet, man ziehe den Zahlausdruk der einen Kraft von dem der andern ab, so wird man hierin den Ausdruk für die Kraft des Stroms, den die Differenz der Temperaturen von 100° C. und 50° C. erzeugt hat, gefunden haben. — In wie weit diese Regel anwendbar sey, muß ich dahin gestellt seyn lassen. Becquerel hat dieselbe nicht hinreichend unter abgeänderten Umständen (namentlich des Leitungswiderstandes) geprüft, daß man sie für alle Anordnungsweisen thermoelektrischer Ketten als sicher voraussetzen könnte.

Verbindet man zwei Metalle zu einem geschlossenen Bogen nicht durch sich selbst, sondern durch ein drittes, wie in (Taf. VIII. Fig. 23) Antimon und Wismuth durch Kupfer, und erwärmt nun die Berührungsstelle bei b, so ist die Ablenkung in jedem Fall derselben Art, als wenn das eingeschobene Stück K gar nicht vorhanden wäre, d. h., als wenn A und W auch in a und c zusammenkämen; oder vielmehr K äußert hiebei zwar einen Einfluß, aber nur dadurch, daß es den Weg verlängert, den der Strom zu durchlaufen hat, welches, wie wir weiterhin sehen werden, die Kraft desselben schwächt, ohne seine Richtung zu ändern.

Wird umgekehrt b kalt gelassen, aber a und c erwärmt, so verfolgt der Strom die umgekehrte Richtung von vorhin; die nämliche, die er verfolgen würde, wenn a und c, mit Weglassung von K zusammenstießen, und hier die Löthstelle erhöht würde.

Diese Fälle sind ganz dem analog, was wir bei hydroelektrischen Ketten beobachten; und man braucht nur, um nach dem Verhalten von hydroelektrischen Combinationen das der thermoelektrischen vorauszusehen, die kältern Berührungsstellen der thermoelektrischen Kette allemal denen entsprechend zu setzen, wo in den hydroelektrischen feuchte Leiter zwischenliegen, die wärmern denen, an welchen

* Die Berfahrungsarten hiezu werden im nächsten Capitel erörtert werden.

elektrometerische Wirkung Statt hat; da wir in der That bei Aufstellung der thermoelektrischen, hieher zu Grunde zu legenden, Reihe die Wirkung allgemein hievon ausgehend angenommen haben.

Diese Analogie kann auch zum Führer dienen, wenn Ketten aus mehr als drei verschiedenen Metallen betrachtet werden, in denen man beliebig viele Berührungsstellen erhizt oder erkältet. Wir übergehen jedoch die weitere Ausführung hievon, da sie für das Folgende von keiner Wichtigkeit ist, und bemerken blos noch, daß es wünschenswerth seyn würde, durch Erfahrung auszumitteln, wie diese Analogie für den Fall angewandt werden muß, wo verschiedene Berührungsstellen einer Kette aus mehrern ungleichartigen Metallen nicht gleich sondern ungleich erhizt oder erkältet werden. Die hiebei anzuwendende Regel würde wahrscheinlich die seyn, daß man dann die kälteste oder, wenn deren mehrere von gleichem Grade wären, die kältesten Berührungsstellen denjenigen analog setzte, bei welchen in hydroelektrischen Ketten feuchte Zwischenleiter Statt finden, darauf für jede andere Berührungsstelle besonders die Kraft und Richtung des Stroms suchte, die die Differenz ihrer Temperatur von der Temperatur (nicht der ihr nächsten, sondern) der kältesten Berührungsstelle mit sich brächte, und nun alle diese einzelnen Kräfte zusammenaddirte oder von einander subtrahirte, je nachdem sie Strömungen von derselben oder von entgegengesetzter Richtung angehörten. Doch muß diese Regel erst durch Erfahrung bestätigt werden.

Von selbst erhellt übrigens aus jener Analogie, daß es möglich seyn muß, wirksame vielgliedrige Ketten nach Analogie der Volta'schen Säulen zusammenzusetzen, indem man z. B. Wismuth- und Kupferstäbe in abwechselnder Folge zu einem geschlossenen Kreise zusammenlöthet und die Löthstellen in abwechselnder Folge erhizt und erkältet. In der That ist dieses der Fall, und dergleichen vielgliedrige geschlossene thermoelektrische Ketten zeigen eben sowohl ablenkende Wirkungen auf die Magnetnadel, als die einfachen.

Einige zweckmäßige Anordnungen solcher zusammengesetzten Ketten, die man sich jedoch, um auf die Magnetnadel wirksam zu werden, in sich zurücklaufend, oder durch einen metallischen Leiter geschlossen vorstellen muß, sind Taf. VIII. Fig. 24, 25 und 26 gegeben *. Die erste stellt die Einrichtung vor, deren sich Fourier und Oersted bei ihren gemeinschaftlichen Versuchen bedienten. Sie besteht aus kleinen abwechselnden Stäben von Wismuth und Antimon, deren erstere an einem ihrer Enden mit einem Anhange versehen sind, mittelst dessen sie in Eis tauchen können, während allemal die andere Verbindungsstelle durch eine Lampe erhizt wird. Fig. 25 und 26 stellen andere Anordnungen zusammengesetzter thermoelektrischer Ketten dar, welche den Vortheil gewähren, sich leicht zusammenbiegen zu lassen, und bei welchen man auch, wenn sie

* Diese Figuren sind aus Pouillet's Elem. de phys. entlehnt.

gehörig gebogen ſind, eine gemeinſchaftliche Erhitzung aller abwechſelnden Verbindungsſtellen durch eine heiße Stange hervorbringen kann.

Ueber die Zunahme der Wirkſamkeit mit der Anzahl der in Wirkung geſetzten Elemente hat die Erfahrung bis jetzt folgende Geſetze kennen gelehrt, die wir gleich hier vorläufig anführen wollen, wiewohl ſie eigentlich von viel allgemeinern, auch für die hydroelektriſchen Ketten gültigen, Geſetzen abhängen, die wir erſt in ſpätern Capiteln kennen lernen werden.

Die Wirkſamkeit der thermoelektriſchen Kette nimmt mit der Anzahl der Glieder oder Elemente, aus denen ſie zuſammengeſetzt wird, zu, wenn die Geſammt-Kette dabei immer die nämliche Länge behält; welches man dadurch erreicht, daß man die einzelnen metalliſchen Glieder, in dem Maße als ſie vervielfältigt werden, zugleich kürzer nimmt.

Wenn aber jedes Glied immer die nämliche Länge behält, mithin die Länge der ganzen Kette in demſelben Grade zunimmt, als die Zahl der Elemente, aus denen ſie gebildet wird, ſo mag man noch ſo viel Elemente zuſammenſetzen, ſo wird die Wirkſamkeit der Kette immer die nämliche bleiben, als wenn die Kette nur aus einem einzigen, durch 2 ſolche Glieder zuſammengeſetzten, Elemente beſtände; oder mit andern Worten, Elemente von gleichbleibender Länge (aus denſelben Metallen) geben Ketten von derſelben Wirkſamkeit, wie viel ſolcher Elemente man auch zuſammenſetzen mag.

Hiebei iſt noch überdieß vorausgeſetzt, daß bei den Ketten aus mehrern Elementen alle abwechſelnden Verbindungsſtellen der heterogenen Metalle auf ungleiche Temperaturen gebracht werden. Denn wenn man z. B. in einer Kette aus 4 Elementen (d. h. aus 4 Paaren heterogener Metalle) blos Eine Verbindungsſtelle erwärmte, ſo würde die Ablenkung, die ſie an der Nadel hervorbringt, ſogar ſchwächer ſeyn, als durch eine Kette aus blos Einem Element, (deſſen Glieder dieſelbe Länge als in der größern Kette hätten); bei Erhitzung von 2 Verbindungsſtellen in der größern Kette würde die Wirkſamkeit zwar zunehmen, aber erſt, wenn alle 4 abwechſelnde Verbindungsſtellen in der größern Kette erhitzt würden, würde die Ablenkung der Nadel die nämliche werden, als bei der Kette aus Einem Element, wenn die eine Verbindungsſtelle derſelben auf denſelben Grad erhitzt würde. Dieſe Umſtände gehen aus den übereinſtimmenden Verſuchen Fourier's, Oerſted's und Borne's hervor. Sie finden ihre Erklärung, wenn man annimmt, daß die Länge, welche der Strom in der Kette zu durchlaufen hat, einen ſchwächenden Einfluß auf ihn äußere, und daß dieſer ſchwächende Einfluß die durch die vermehrte Anzahl der Elemente zu erzielende Verſtärkung gerade compenſirt, wenn Zahl der Elemente und Länge der Kette in gleichem Verhältniß zunehmen.

Man hat ſich bis jetzt vergebens bemüht, durch thermoelektriſche Ketten die andern (außer den magnetiſchen) Wirkungen, wie ſie die hydroelektriſchen äußern, als z. B. die phyſiologiſchen, chemiſchen und Verbrennungswirkungen, mit eben ſolcher Deutlichkeit hervorzubringen als durch dieſe, doch geben die Erfahrungen wirklich hinreichende Andeutungen, daß ſie hiezu allerdings fähig ſind, nur in ſchwächerem Grade. Fourier und Oerſted konnten durch eine thermoelektriſche Kette zwar keine Geſchmacksempfindung bewirken; aber in einem präparirten Froſch erregte ſie Zuckungen *; und Becquerel iſt es geglückt, durch ſolche Ketten, zwar keine Waſſerzerſetzung, aber doch andre chemiſche Wirkungen hervorzubringen, von denen wir ſpäter ſprechen werden.

Wir werden den Grund dieſer geringen Wirkſamkeit thermoelektriſcher Ketten unter Umſtänden, wo die hydroelektriſchen ſich ſehr wirkſam beweiſen, ſpäter darin finden, daß die thermoelektriſche Kette, den Verhältniſſen ihrer Conſtruction nach, durch Einbringung flüſſiger Leiter oder dünner Drähte, die ihre Wirkung erfahren ſollen, in unverhältnißmäßig ſtärkerm Grade geſchwächt werden muß, als hydroelektriſche; und da dieſer Umſtand aus einem für hydroelektriſche Ketten ſelbſt geltenden Geſetze folgt, ſo können wir in jener Unwirkſamkeit, welche dem erſten Anblick nach einen weſentlichen Unterſchied der beiderlei Arten Ketten anzudeuten ſcheint, vielmehr nur eine Beſtätigung der weſentlichen Identität ihrer Wirkungsweiſe finden.

Funfzehntes Capitel.

Von den Verfahrungsarten, mittelſt deren ſich die Stärke des Stroms meſſen läßt.

Da es im Folgenden ohne Unterlaß nöthig werden wird, die Stärke des Stroms in verſchiedenen Ketten zu vergleichen, ſo haben wir hiezu die Verfahrungsarten anzugeben. Wir bemerken dabei, daß wir dem Ausdruck Stärke des Stroms vorläufig keine phyſiſche Bedeutung beilegen, ſondern blos die Kraft darunter verſtehen, die der Strom hinſichtlich dieſer oder jener Wirkungen äußert, eine Kraft, die ſelbſt nicht anders, als durch dieſe Wirkungen gemeſſen werden kann. Unter dieſen Wirkungen nun kommt es darauf an, diejenige ausfindig zu machen, welche ſich am meiſten zu einem vergleichbaren Maßſtab eignet. Im nächſten Capitel werden wir erörtern, in wiefern das durch dieſe Wirkung gefundene Maß auch auf die andern Wirkungen übergetragen werden könne.

---

* Auch andre haben ſolche dadurch hervorgebracht, z. B. Nobili (Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 230).

Nun erhellt gleich Anfangs, daß die physiologischen Wirkungen der Kette hier bei Seite zu lassen sind, da sie ebensowohl von dem veränderlichen und alle Vergleichbarkeit ausschließenden Zustande der Reizbarkeit der organischen Individuen, als von der Kraft der wirkenden Kette abhängen. Wenigstens können die Anzeigen, die man von diesen Wirkungen für die Stärke des Stroms entnimmt, nur sehr unbestimmt seyn.

Anzeigen von größerer Sicherheit gewährt die Beobachtung der verschiedenen Drahtlängen, welche eine und dieselbe Kette ins Glühen zu versetzen oder zu verbrennen vermag, indem man mit Sicherheit schließen kann, daß der Strom derjenigen Kette stärker ist, bei welcher eine größere Länge Draht von derselben Beschaffenheit und Dicke, wenn die Kette damit geschlossen wird, diese Wirkung in gleichem Grade erzeuget. Auch hat man sich dieses Mittels früher oft zur Messung der Stärke des Stroms bedient.

Abgesehen jedoch davon, daß diese Art des Maßes überhaupt nur für sehr wirksame Ketten anwendbar ist, da schwächere Ketten die Glühungs- und Verbrennungserscheinungen überhaupt nicht zu äußern vermögen; so steht der genauen Vergleichbarkeit der dadurch gefundenen Resultate auch noch der Umstand im Wege, daß mit einer größern Drahtlänge, durch welche die Kette geschlossen wird, auch der Strom einen längern Weg zu durchlaufen bekommt, daß mithin die Umstände der Kette sich nicht bei den successiven Versuchen mit derselben Kette oder verschiedenen Ketten gleich bleiben. In der That werden wir sehen, wie die Länge des Wegs, den der Strom zu durchlaufen hat, ihm einen Widerstand entgegensetzt, durch den er um einen gewissen Theil seiner Kraft vermindert wird.

Eine dritte, nicht selten in Anwendung gezogene, Art die Stärke des Stroms in verschiedenen Ketten zu messen, besteht darin, daß man die Quantitäten Gas vergleicht, welche dadurch in derselben Zeit durch Wasserzersetzung entwickelt werden, oder die Zeiten, welche erfoderlich sind, um dieselbe Gasquantität zu entwickeln. Geeignete Meßapparate hiezu werden wir in dem Capitel, welches von den chemischen Wirkungen des Galvanismus handelt, beschreiben.

Diese Verfahrungsart ist, wenn man sie auf die gehörigen Fälle beschränkt und mit den erfoderlichen Vorsichtsmaßregeln anwendet, unstreitig den beiden vorigen vorzuziehen; leidet jedoch ebenfalls an mehrern wichtigen Uebelständen. Zuvörderst ist sie nicht für die einfache Kette anwendbar, da bei dieser die Wasserzersetzung so langsam vor sich geht, daß ihr Product selbst in längerer Zeit unmerklich zu seyn pflegt; blos für Säulen kann sie ihre Anwendung finden. Der größte Uebelstand aber dürfte der seyn, daß Versuche, auf diese Weise angestellt, eine längere Zeit erfodern, als bei jedem andern Verfahren, um ein Resultat zu geben; da doch nach den Erfahrungen, die wir bald kennen lernen werden, die Wirksamkeit geschlossener Ketten in einem fortwährenden Abnehmen begriffen ist.

Jedenfalls kann daher dieſes Verfahren blos in ſofern der Beachtung werthe Reſultate geben, als es auf Fälle und in Zeitpuncten angewandt wird, wo dieſe Veränderlichkeit in der Wirkſamkeit der Kette für eine nicht ganz kurze Zeit aus der Acht gelaſſen werden kann, welches in der That in den ſpätern Perioden der Wirkſamkeit galvaniſcher Ketten der Fall iſt.

Wahrſcheinlich würde die Schnelligkeit in der Bewegung gewiſſer Theile der Kette durch ihre wechſelſeitige Einwirkung auf einander (namentlich bei den Rotationsapparaten), die Betrachtung welcher Wirkungen wir jedoch angegebener Maßen auf die Lehre vom Elektromagnetismus verſparen, auch einen angenäherten Maßſtab für die Stärke der Strömung unter verſchiedenen Umſtänden abgeben können; nur daß die unvermeidliche Reibung der Theile in einander das genaue Maß hindern möchte. Schweigger hat auf dieſes Mittel aufmerkſam gemacht; was übrigens ebenfalls nur für kräftige Ströme ſeine Anwendung finden kann.

Es bleibt jetzt noch die Anwendbarkeit der elektromagnetiſchen Wirkungen in Bezug auf vorliegenden Zweck zu prüfen übrig. In ihnen finden wir alle Erfodernisse vereinigt, die wir für ein genaues Maß des Stroms wünſchen können. In der That laſſen ſich die Beſtimmungen mittelſt dieſer Wirkungen ſchnell genug finden, um in der Regel eine Veränderlichkeit des Stroms ſelbſt in den frühern Perioden der Wirkſamkeit der Kette während der Zeit der Beobachtung vernachläſſigen zu können. Da ferner die Magnetnadeln, auf welche die Wirkungen der Kette ſich äußern, keine Theile von dieſer ſelbſt ausmachen, ſo wird auch die Stärke des Stroms nicht durch die Wirkungen, die die Magnetnadeln hiebei erfahren, modificirt, wie zum Theil bei den vorigen Verfahrungsarten der Fall iſt. Die elektromagnetiſchen Wirkungen ſind ferner für die ſtärkſten, wie für die ſchwächſten Grade der Stärke des Stroms zu einer vergleichbaren Meſſung brauchbar; endlich, was ein Hauptumſtand iſt, man weiß nach den erfahrungsmäßig erkannten Geſetzen des Magnetismus auf zuverläſſige und directe Weiſe aus den Wirkungen, welche die Magnetnadeln erfahren, auf die Größe der Kraft, von welcher dieſe Wirkungen abhängen, zu ſchließen, was nicht ſo hinſichtlich der andern Wirkungen, mittelſt deren man die Stärke des Stroms hat meſſen wollen, der Fall iſt; denn man muß es ſich in der Phyſik zum Geſetz machen, nie irgend ein Verhältniß einer Wirkung zu einer Kraft als bekannt vorauszuſetzen, wenn man nicht durch die Erfahrung darüber belehrt worden iſt.

Man kann ſich der Magnetnadeln auf verſchiedene Weiſe zur Meſſung der Stärke des Stroms bedienen. Entweder indem man die Ablenkungen beobachtet, die ein Strom auf eine vollkommen frei bewegliche Magnetnadel äußert, oder den Drehungsbogen, um den eine, an einem Draht aufgehangene, Nadel nach Einwirkung des Stroms zurückgedreht werden muß, um wieder auf denſelben Stand

zu kommen; oder endlich die Zahl der Oscillationen, welche eine und dieſelbe Nadel unter der Einwirkung des Stroms vollbringt. Von dieſen verſchiedenen Anwendungsarten, von welchen die letzte die allgemeinſte Anwendbarkeit beſitzt, wollen wir jetzt nach einander handeln.

Durch eine mathematiſche Betrachtung der Kräfte hat Kämtz * gefunden, daß, wenn parallel mit einer frei ſchwebenden Magnetnadel, ganz nahe über oder unter ihr, ein einfacher cylindriſcher Schließungsdraht ausgeſpannt wird, die Größe der auf die Nadel wirkenden Kraft proportional iſt dem Product aus dem Sinus in die Tangente des Ablenkungswinkels **. Jedoch iſt dieſes Reſultat blos in ſofern gültig, als die verticale Entfernung der Nadel vom Schließungsdraht ſo klein iſt, daß ſie im Verhältniß zur Länge der Nadel vernachläſſigt werden kann. Wäre ſie dies nicht, ſo müßte man die Entfernung meſſen und alsdann die Kraft nach der Formel berechnen, die unten neben andern hieher gehörigen Formeln angeführt iſt ***.

---

* Schweigg. J. VIII. 100.

** Bei kleinen Ablenkungswinkeln, die nicht 10° bis 12° überſteigen, kann demnach die Kraft dem Quadrat des Ablenkungswinkels merklich proportional geſetzt werden; weil hier Sinus und Tangente mit dem Bogen ziemlich zuſammenfallen. Man kann hieraus u. a. ſehen, wie unrichtig Marianini (in ſ. Werke Saggio di esp. etc.) die Ablenkungen gedeutet hat, die er bei ſeinen Verſuchen beobachtete. — Eine von Pohl nach obigem Geſetze berechnete Tabelle, um ſofort aus der Größe des Ablenkungswinkels die Größe der Kraft zu finden, iſt enthalten in Kaſtn. Arch. III. 11.

*** Es bezeichne E die Kraft des den Draht durchlaufenden Stroms, o den Ablenkungswinkel aus dem magnetiſchen Meridian, bei dem die Nadel unter dem Einfluß des Stroms ſtehen bleibt, d den Winkel, den die anfängliche Richtung der Nadel mit der Richtung des Verbindungsdrahts macht, X den ſenkrechten Abſtand der Nadel von dem über oder unter ihr befindlichen Verbindungsdraht, M die Kraft des Erdmagnetismus; ſo iſt, wenn d gleich null und X zu vernachläſſigen, welches der oben angegebene Fall iſt

(1) E = M. sin. o. tang. o.

Iſt d nicht = null, d. h. ſchneidet der Verbindungsdraht den magnetiſchen Meridian oder die anfängliche Richtung der Nadel unter einem gewiſſen Winkel, ſo iſt, wenn der Nordpol der Nadel anfangs nach der entgegengeſetzten Seite des Drahts vom magnetiſchen Meridian ab liegt, als nach welcher ihn der Strom abzulenken ſtrebt:

(2) E = M. sin. o. tang. (o — d)

(3) = M. sin. o. tang. (d — o)

Erſterer Werth gilt für den Fall, wo die Kraft des Stroms ſo groß iſt, daß der Nordpol der Nadel zuerſt bis zum Draht gezogen wird, dann unter demſelben fortgeht und unter einem gewiſſen Winkel zur andern Seite deſſelben ſtehen bleibt; letzterer Werth für den Fall, wo ſie nur ſo groß iſt, daß der Nordpol den Schließungsdraht bei ſeiner erfolgenden Ausweichung nicht erreicht.

Schneidet der Verbindungsdraht den magnetiſchen Meridian ſo, daß der Nordpol der Nadel nach derſelben Seite vom Draht abliegt, nach welcher ihn auch der Strom abzulenken ſtrebt, ſo iſt

(4) E = sin. o. tang. (o + d) M

Immer unter Vorausſetzung der Vernachläſſigung von X.

Wenn man die Nadel, anſtatt ſie über oder unter einem einfachen wie eine Linie wirkenden Drahte anzubringen, über oder unter einem metalliſchen horizontal ausgeſpannten Streifen anbrächte, deſſen Breite die Länge der Nadel ſo weit überträfe, daß auch bei der größten Ausweichung der Nadel ihre Pole noch in hinlänglicher Entfernung von ſeinen Rändern blieben, daß der Streifen ſich als von unbegränzter Breite in Verhältniß zur Länge der Nadel anſehen ließe, ſo würde die Kraft nicht mehr dem Product aus dem Sinus in die Tangente des Ablenkungswinkels, ſondern blos der Tangente des Ablenkungswinkels proportional ſeyn, und zwar gänzlich unabhängig von der Entfernung, in der ſich die Nadel vom Streifen befände, wofern nur dieſe ſich bei allen ſucceſſiven Verſuchen gleich bliebe. Dieſe Anordnung ſcheint daher vor der erſtern den Vorzug zu verdienen; doch hat man meines Wiſſens noch keinen practiſchen Gebrauch von ihr zur Meſſung gemacht.

Jedenfalls ſetzen die beiden vorigen Verfahrungsarten voraus, daß die Nadel an einem ſo feinen Faden aufgehangen iſt, oder auf einer ſo feinen Spitze ſchwebt, daß der Widerſtand, welchen die Drehung des Fadens oder die Reibung auf dem Stifte der Bewegung der Nadel entgegenſetzt, als unmerklich aus der Acht gelaſſen werden kann.

Die hier angegebenen Anwendungen der Magnetnadel verlieren durchaus ihre Anwendbarkeit bei dem Multiplicator. In der That muß der Abſtand des Schließungsdrahts von der Nadel entweder vernachläſſigt oder in Rechnung genommen werden können. Aber ſelbſt bei der ſorgfältigſten Conſtruction des Multiplicators möchte es ſchwer ſeyn, die verſchiedenen Abſtände der Nadel von den einzelnen Windungen gehörig meſſen und in die Rechnung, die dadurch höchſt complicirt werden müßte, ſicher aufnehmen zu können. Zwar,

---

Kann x nicht vernachläſſigt werden, ſo verwandeln ſich die Gleichungen (1) (2) (3) (4) reſpective in folgende:

(1) $E = M. \frac{\text{sin. } c.}{\text{cos. } c.} \sqrt{(x^2 + \text{sin.}^2 c)}$

(2) $E = M. \frac{\text{sin. } c.}{\text{cos. } (c-d)} \sqrt{(x^2 + \text{sin.}^2 (c-d))}$

(3) $E = M. \frac{\text{sin. } c}{\text{cos. } (d-c)} \sqrt{(x^2 + \text{sin. } (d-c))}$

(4) $E = M. \frac{\text{sin. } c.}{\text{cos. } (c+d)} \sqrt{(x^2 + \text{sin. } (c+d))}$

Hinſichtlich der Herleitung dieſer Gleichungen verweiſe ich auf Kämtz Abhandlung. Da eine kleine Abweichung von x wenig Genauigkeit gewähren möchte, ſo iſt es beſſer, ſeinen Werth durch 2 Verſuche herzuleiten, in denen man bei gleichbleibender Kraft des Stroms, dem Winkel d verſchiedene Werthe giebt, und den entſprechenden Ablenkungswinkel c beobachtet.

wenn man einen Multiplicator ſo gleichförmig aufwinden könnte, daß ſeine Windungen alle in Einer Horizontalebene lägen, ſo würde ſich die zweite der hier angegebenen Verfahrungsarten anwenden laſſen, wo der Einfluß der Entfernung auf die Reſultate verſchwindet. Allein einerſeits iſt eine vollkommene Horizontalität der Windungen wegen der federnden Eigenſchaft des Drahts kaum zu erreichen; indem ſie immer eine gewiſſe Convexität annehmen; andererſeits müßte man die Windungen in ſehr großer Breite aufwinden, ſo daß die Länge, die man vermöge deſſen dem Draht zu geben hätte, die Wirkung des Multiplicators für viele Fälle zu ſehr ſchwächen würde. In der That haben eigne Verſuche, den Multiplicator auf dieſe Weiſe zum Meßinſtrument tauglich zu machen, mir keinen günſtigen Erfolg gegeben.

Einen ſinnreichen, aber indirecten Weg, die Ablenkungen des Multiplicators zur Meſſung zu benutzen, hat Becquerel angegeben *.

Man nehme einen Multiplicator mit mehrern, z. B. drei parallel neben einander aufgewickelten, ganz gleichen Drähten (vergl. S. 83), ſo daß ſie in ſo gut als gleichem Abſtand auf die Magnetnadel wirken. Durch jeden dieſer Drähte leite man einen thermoelektriſchen Strom, der den beiden andern an Stärke genau gleich iſt **, anfangs aber nur durch einen Draht allein, dann durch zwei derſelben zugleich, dann durch alle drei. Es leuchtet ein, daß die Kräfte, die in dieſem Fall auf die Magnetnadel wirken, ſich wie die Zahl der in Thätigkeit geſetzten Drähte verhalten, und beobachtet man, welche Ablenkungen dieſen drei ſucceſſiven Verſuchen entſprechen, ſo wird man dadurch für drei Grade der Eintheilung das Verhältniß der entſprechenden Kräfte auch in jedem andern Falle kennen. Geſetzt z. B., es ſey eine Ablenkung $= 1°,5$ durch einen

---

* Pogg. Ann. VI. 345.

** Dies erreicht Becquerel folgendermaßen: Er löthet die Enden jedes kupfernen Multiplicatordrahts an die Enden eines Eiſendrahtes und hält von den Löthungen die eine beſtändig in der Temp. des ſchmelzenden Eiſes, während er die andere bis zu einem gewiſſen Grade erwärmt. Dazu ſteckt man dieſen Theil des Bügens in eine unten geſchloſſene Glasröhre und taucht dieſelbe in ein Queckſilberbad, das man mit der Weingeiſtflamme erwärmt und deſſen Temperatur durch ein Thermometer gemeſſen wird. Damit die erhitzte Löthung genau die Temp. habe, welche das Thermometer anzeigt, muß man die Glasröhren wo möglich von gleichem Umfang nehmen, als das Thermometer, die Temp. ein wenig über den Punct erhöhen, bei dem man beobachten will, und nun die Lampe ſchnell auslöſchen. Dann bleibt die Temp. eine Zeit lang unverändert und man iſt gewiß, daß ſie an der Löthung und am Thermometer dieſelbe iſt. Auch verdient aus dieſem Grunde ein Queckſilberbad den Vorzug vor einem Oelbade, da erſteres die Wärme beſſer als letzteres leitet. Eben ſo iſt es nöthig, daß ſich die Drähte nur am Orte der Löthung berühren, und deßhalb muß man ſie mit Seide überſponnen gebrauchen. Ohne dieſe Vorſichtsmaßregeln erhält man keine vergleichbaren Reſultate.

einzigen Draht, = 2°,5 durch zwei Drähte bei einer Differenz von 10° C. hervorgebracht worden, ſo wird, wenn wir die der erſten Ablenkung entſprechende Kraft = 1 ſetzen, die der zweiten entſprechenden durch 2 ausgedrückt werden; und zwar auch in dem Falle, wenn bei höherer Temperaturdifferenz dieſe Ablenkung durch einen einzigen Draht erhalten würde. Erhöhen wir alſo die Temperaturdifferenz wirklich ſo weit, daß ein einziger Draht dieſe Ablenkung giebt, und ſuchen nun abermals die entſprechenden Ablenkungen für 1, 2, 3 Drähte, ſo werden wir jetzt, da die der Ablenkung für 1 Draht entſprechende Kraft ſchon bekannt iſt, nun auch erfahren, welche Ablenkungen dem Doppelten und Dreifachen dieſer Kraft entſprechen, u. ſ. f. — Auf ſolche Art kann man ſich eine, dann auch auf hydroelektriſche Ketten anwendbare, Tabelle entwerfen, die mit hinreichender Annäherung alle den verſchiedenen Graden der Eintheilung entſprechenden Kräfte enthält; die jedoch begreiflich für jeden anders conſtruirten oder nur einem Theile nach abgeänderten Multiplicator von Neuem durch Verſuche beſtimmt werden muß. Die folgenden Verfahrungsarten werden dieſe umſtändliche Methode jedenfalls als überflüſſig erſcheinen laſſen.

Zuvörderſt nämlich liegt ein ſehr einfaches Mittel, den Multiplicator zur Meſſung tauglich zu machen, in einer Anordnung deſſelben nach dem Prinzip der Drehwage, welches keine beſondere Einrichtung des Multiplicators, ſondern blos eine geeignete Aufhängung der Magnetnadel erfodert.

Zu dieſem Zweck hänge man die Magnetnadel, oder auch, wenn man will, das Syſtem aus zwei Magnetnadeln nach der Nobili'ſchen Vorrichtung, genau im Mittelpunct der Drehung, an einem feinen Metalldraht * auf, der jedoch Stärke genug haben muß, daß die Nadel ihm bei der Drehung folgt. Die Befeſtigung des Metalldrahts im obern Theil des Glasbehälters, welcher den Multiplicator bedeckt, ſo wie der oben am Draht angebrachte, auf einer Kreiseintheilung ſich bewegende, Zeiger, welcher zur Meſſung der Drehungen des Drahts dient, ſind ganz wie ſie bei der Drehwage (I. 392. II. 164) beſchrieben worden. Um das Inſtrument zu gebrauchen, ſtellt man den Zeiger der Drehung erſt auf Null und läßt nun den Strom auf die Nadel wirken, die dadurch um eine gewiſſe Weite abgelenkt wird. Anſtatt aber dieſe Ablenkung zu meſſen, dreht man jetzt den, mit dem Draht in Verbindung ſtehenden, Zeiger der obern Kreiseintheilung ſo weit zurück, daß die Nadel wieder auf den erſten Punct einſpielt; und zählt die Anzahl

* Anſtatt eines Metalldrahtes empfiehlt Ohm einen bandförmigen Streifen Goldlahn. Der Lahn, deſſen er ſich bediente, betrug, ungeachtet er nur 5 Zoll lang war, doch in ſo hohem Grade alle Erfoderniſſe zu den Drehungsverſuchen, daß die Nadel, nachdem der Lahn eine Drehung von mehr als 3 ganzen Umkreiſen erlitten hatte, nach beſeitigter Kraft ihre alte Stelle wieder einnahm.

Grade, um welche der Zeiger zu dieſem Zweck gedreht werden muß. Dieſe Anzahl iſt der jedesmaligen Stärke der Kraft, welche auf die Nadel gewirkt hat, direct proportional, und kann ſomit zu einem einfachen Maße derſelben dienen.

Dieſe Methode iſt mit Vortheil von Ohm zur Meſſung des Leitungswiderſtandes, den Drähte von verſchiedenen Dimenſionen in die Kette gebracht, äußern, angewandt worden, und man kann die nähere Beſchreibung des von ihm angewandten Inſtruments in Schweigg. J. XLVI. 145 finden.

Die letzte Methode endlich, welche wir in Gebrauch ziehen können, iſt die, die Kraft des Stroms durch die Anzahl Schwingungen, welche eine Magnetnadel unter ſeinem Einfluß vollbringt, zu ſchätzen. Um eine richtige Einſicht in dieſe Methode zu erhalten, müſſen wir jedoch Einiges vorausſchicken.

Wenn eine horizontale frei aufgehangene Magnetnadel, die ſich in der Richtung des magnetiſchen Meridians im Gleichgewicht befindet, daraus auf irgend eine Weiſe abgelenkt und dann der Wirkung der Kräfte, die ſie in ihre Richtung zurückzuführen ſtreben, wieder überlaſſen wird, ſo kehrt ſie nach der Erfahrung durch eine Reihe von Oscillationen darein zurück. Nun wird in der Lehre vom Magnetismus gezeigt werden, daß die Kraft, welche die Nadel in die Lage ihres Gleichgewichts zurückzuführen ſtrebt, proportional iſt dem Quadrat der Geſchwindigkeit dieſer Schwingungen, d. h. mit andern Worten, dem Quadrat der Anzahl von Schwingungen, welche von derſelben Nadel in derſelben Zeit vollbracht werden oder, was daſſelbe iſt, umgekehrt proportional dem Quadrat der Anzahl Zeittheile, welche zur Vollbringung derſelben Zahl Schwingungen erfoderlich ſind.

Um hievon die Anwendung auf unſern Fall zu machen, laſſe man die im Multiplicator befindliche Nadel, deren man ſich zu ſeinen Verſuchen bedienen will, erſt allein unter dem Einfluß der magnetiſchen Erdkraft oscilliren *, und zähle nach dem Schlag einer genauen Uhr oder dem Schlag eines Pendels die Anzahl Zeittheile, die ſie braucht, eine gewiſſe Anzahl Oscillationen zu vollbringen; doch darf man dieſe Schwingungen nur in kleinen Bogen vor ſich gehen laſſen, weil nur für dieſe ein merklicher Iſochronismus derſelben Statt findet, ganz wie bei den Th. I. S. 104 erörterten Pendelſchwingungen der Fall, mit denen die Oscillationen der Magnetnadel gleiche Geſetze befolgen.

Durch dieſe erſte Zählung erhält man das Maß der Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus auf die Nadel wirkt.

---

* Man hat ſie zu dieſem Zweck, nicht durch Anſtoß, ſondern durch ein Eiſen- oder ſchwaches Magnetſtäbchen aus ihrer Richtung abzulenken.

Man richte darauf den Schließungsdraht oder die Windungen des Multiplicators, innerhalb deren sich die Nadel befindet, so, daß sie senkrecht stehen auf der Richtung der Nadel, oder vielmehr, man mittle durch Versuche eine Lage aus, wo die Nadel keine merkliche Ablenkung mehr erfährt, wenn man einen Strom durch den Draht hindurchgehen läßt; dann ist man sicher, daß sich die Nadel zugleich in der Richtung der magnetischen Erdkraft und der Richtung der vom Draht ausgehenden Kraft befindet; oder daß beide Richtungen in Eine zusammenfallen.

Man zähle jetzt wie vorhin die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel braucht, um unter dem vereinigten Einfluß der Erdkraft und Kraft des Stroms dieselbe Zahl Schwingungen zu vollbringen, als vorher unter dem Einfluß der Erde allein; so wird man das Maß für die Summe der Kraft erhalten, mit welcher die Erde und mit welcher der Strom auf die Nadel wirkt; und zieht man von dieser Kraft die durch den vorhergegangenen Versuch gefundene Kraft der Erde ab, so erhält man dadurch das Maß der Kraft, mit welcher der Strom allein auf die Nadel wirkt.

Um dies an einem Beispiele zu verdeutlichen, wollen wir annehmen, die Magnetnadel brauche zur Vollendung von 20 Oscillationen unter dem Einfluß der Erdkraft allein 100 Halbsecunden, so erhalten wir dadurch als Maß der Erdkraft die Zahl $\frac{1}{10000}$ oder 0,0001 weil 10000 das Quadrat von 100 ist und die Kraft sich diesem Quadrat umgekehrt proportional verhält.

Gesetzt nun dieselbe Nadel brauche unter dem vereinigten Einfluß des Stroms irgend einer Kette und der Erdkraft bei oben getroffener Anordnung blos 50 Halbsecunden zu 20 Oscillationen, so wird das Maß für die Summe beider Kräfte seyn $\frac{1}{2500}$ oder 0,0004; mithin wenn man das erstgefundene Maß vom letztgefundenen abzieht, so erhält man für das Maß der Kraft des Stroms allein $\frac{1}{2500} - \frac{1}{10000}$ oder 0,0004 — 0,0001 d. i. 0,0003. Mithin verhält sich in diesem Falle die Kraft, mit der der Strom allein, nach Abzug der Erdkraft, auf die Nadel wirkt, zur Kraft, mit der die Erde auf die Nadel wirkt, wie 3 : 1.

Gesetzt jetzt, die Nadel brauche unter dem Einfluß eines andern Stroms 30 Halbsecunden zu 20 Oscillationen, so ist das Maß für die Kraft des Stroms allein $\frac{1}{900} - \frac{1}{10000}$ d. i. 0,00011; mithin verhält sich die Kraft dieses zweiten Stroms zur Kraft des ersten wie 11 zu 3.

Zweckmäßig ist es, in jedem Falle die Kraft der Erde als Einheit zu Grunde zu legen, und hiemit dann alle verschiedene

Stromkräfte zu vergleichen. Man erleichtert ſich dieſe Berechnung durch die untenſtehende Formel *.

Die jetzige Berechnungsart galt für den Fall, wo die Kraft der Erde und die Kraft des Stroms die Pole der Nadel nach derſelben Seite des Schließungsdrahts zu drehen und in dieſer Lage zu erhalten ſtreben. Bei einer entgegengeſetzten Richtung des Stroms würde die Zahl Zeittheile, die man unter dem vereinigten Einfluß der Erdkraft und des Stroms zu einer gewiſſen Anzahl Oscillationen erfoderlich findet, nicht mehr der Summe, ſondern der Differenz beider Kräfte, das heißt der Kraft des Stroms weniger der Erdkraft, entſprechen; man müßte daher bei einer ſolchen Anordnung der Nadel die durch den erſten Verſuch gefundene Kraft der Erde zu der durch den zweiten Verſuch gefundenen Kraft addiren, um das richtige Maß der Kraft des Stroms allein zu haben. Indeß iſt es im Allgemeinen vortheilhafter, die Anordnung nach der erſten Weiſe zu treffen, was man immer in ſeiner Gewalt hat **.

Es iſt bei dieſen Verfahrungsarten an ſich gleichgültig, welche Anzahl von Oscillationen man bei der Beobachtung zu Grunde legt, wofern nur immer bei allen ſucceſſiven Beobachtungen dieſelbe Anzahl wieder zu Grunde gelegt wird. Begreiflich aber wird eine um ſo größere Genauigkeit in der Beſtimmung möglich werden, je größer man dieſe Anzahl nimmt; weil ſolchergeſtalt Unſicherheiten in Bezug auf die genaue Schätzung von Bruchtheilen der Zeittheile, die in der Regel auf den Anfang und das Ende der Zählung fallen, immer mehr in Verhältniß zur Geſammtzahl der beobachteten Zeittheile an Einfluß verlieren. Indeß kann man doch dieſe An-

---

* Die Anzahl Zeittheile, welche die Nadel zur Vollbringung einer gewiſſen Anzahl Schwingungen unter dem bloßen Einfluß der Erdkraft braucht, heiße N, die Zahl Zeittheile, die ſie unter dem vereinigten Einfluß der Erdkraft und des Stroms braucht, heiße N'; dann iſt das Maß der Kraft des Stroms:

$$\frac{1}{N^2} - \frac{1}{N'^2} = \frac{N'^2 - N^2}{N^2 N'^2}$$

oder, wenn man die Kraft der Erde als Einheit ſetzt,

$$= \frac{N'^2 - N^2}{N^2}$$

Letztre Formel iſt zur Anwendung die bequemſte.

** Man könnte, anſtatt die Zahl Zeittheile zu meſſen, welche zu einer gewiſſen Zahl Oscillationen erfoderlich ſind, auch die Oscillationen zählen, die in einer gewiſſen Zeit, erſt unter dem Einfluß der Erde allein, dann unter dem vereinigten Einfluß der Erde und des Stroms vollbracht werden, und das Quadrat erſterer Zahl vom Quadrat letzterer abziehen, im Fall beide Kräfte die Nadel nach derſelben Seite vom Schließungsdraht zu kehren ſtreben, oder zu ihm hinzuaddiren, im Fall ſie ſich entgegenwirken, um ſo das Maß der Kraft des Stroms allein zu erhalten. Allein bei geringen Stromkräften, wo die Oscillationen ſich verlangſamen, verliert dies Verfahren alle Präciſion, weil man dann bei derſelben Anzahl Zeittheile immer auf Bruchtheile von Schwingungen kommt, die von größerm Einfluß werden als bei dem obigen Verfahren, weil ſich nicht ſo viel Schwingungen als Zeintheile als Maß zu Grunde legen laſſen.

zahl von Oscillationen nicht zu groß nehmen, weil dieß erfodern würde, die Nadel um weitere Bogen aus der Lage ihres Gleichgewichts abzulenken, als ſich mit dem Iſochronismus ihrer Schwingungen verträgt. Auch muß man in der Regel, wenn man die Kraft einer Kette zu Anfange ihrer Wirkſamkeit meſſen will, eine geringere Anzahl Oscillationen wählen, weil hier eine, oft innerhalb weniger Secunden nicht einmal zu vernachläſſigende, Abnahme der Wirkung Statt findet, zufolge deren man ein ſchwächeres Reſultat für die anfängliche Kraft der Kette finden würde, als ihr eigentlich zukömmt, wenn man die Beſtimmung dieſer Kraft aus einer größern Anzahl von Oscillationen ableiten wollte.

Alle Beſtimmungen über das vorige Verfahren, welche wir in Bezug auf eine einfache Magnetnadel gegeben haben, laſſen ſich auch auf ein Syſtem zweier entgegengeſetzt gerichteten Nadeln, wie es die S. 82 beſchriebene Nobili'ſche Doppelnadel darſtellt, anwenden, und die Berechnung wird hiebei ganz nach der nämlichen Weiſe geführt, nur daß hier als Einheit der Kraft, mit der alle verſchiedenen Stromkräfte verglichen werden, nicht mehr die Kraft, mit der die Erde auf jede einzelne Nadel für ſich, ſondern, mit der ſie auf das Syſtem beider wirkt, d. i. die Differenz ihrer Kräfte auf beide Nadeln, zu Grunde liegt. Solchergeſtalt erhält man für die Größen des Stroms bei Anwendung der Doppelnadel abſolut größere Werthe, als man bei einer einfachen Nadel erhalten haben würde; aber dieſe Größen behalten dieſelben Verhältniſſe zu einander, wofern man ſich immer derſelben Doppelnadel bedient.

Bei Anwendung eines Multiplicators mit einer Doppelnadel nun wird man in dem hier beſchriebenen Verfahren ein Mittel zur Meſſung finden, welches mit der größten Empfindlichkeit die größte Zuverläſſigkeit und Leichtigkeit der Anwendung verbindet; denn man bedarf dazu keines beſonders conſtruirten, ſondern nur eines gewöhnlichen gleichförmig gewundenen Multiplicators, einer feinen Aufhängung der Magnetnadel und eines richtigen Zeitmeſſers. Seine Anwendbarkeit erſtreckt ſich von den höchſten zu den ſchwächſten Graden der Wirkung der Kette, und die leiſeſte Veränderung in der Kraft derſelben giebt ſich ſofort durch eine merkbare Veränderung in der Schnelligkeit der Oscillationen zu erkennen. Ich ſelbſt habe dieſes Mittel, das zuerſt Biot in Bezug auf gewiſſe elektromagnetiſche Wirkungen (bei einem einfachen Schließungsdraht) anwandte (Th. IV. S. 170), zu einer großen Anzahl von Verſuchen mit dem genügendſten Erfolge angewandt.

Ich bemerke, daß es zu gewiſſen Verſuchen, wo die Kraft von Ketten, in denen ſich blos ein kurzer metalliſcher Leiter befindet, gemeſſen werden ſoll, nöthig iſt, dem Multiplicator einen einfachen Schließungsbogen zu ſubſtituiren. Ich ſelbſt bediene mich hiezu eines Meſſingſtreifens, etwas breiter als die Nadeln ſelbſt, welcher eine einzige Windung macht, und übrigens ganz wie ein Multiplicator

angeordnet ist. Er ist Taf. VIII. Fig. 27 im Durchschnitt, und sein oberes Blatt Fig. 28 der Fläche nach verzeichnet*.

Es leuchtet ein, daß, wenn man bei dem vorigen Verfahren den Multiplicator- oder Schließungsdraht, anstatt ihn senkrecht auf die Richtung der Nadel zu stellen, parallel damit ließe, wie bei dem Verfahren, wo man die Ablenkungen beobachtet, man in der Anzahl der beobachteten Oscillationen kein genaues Maß mehr für die Stärke des Stroms finden würde, weil hier bei jeder verschiedenen Stärke des Stroms die Lage des Gleichgewichts der Nadel zwischen der Richtung des magnetischen Meridians, in die sie durch die Erdkraft gedreht zu werden strebt, und der darauf senkrechten Richtung, welches die Richtung der vom Draht ausgehenden Kraft ist, eine andere seyn würde, und vermöge dessen auch nur jede dieser beiden Kräfte mit einem gewissen veränderlichen Antheil ihrer Kraft wirken könnte, die Nadel in diesen Punct zurückzuführen. Nur in sofern, als man die Wirkung der magnetischen Erdkraft zuvor so weit neutralisirt hätte, daß sie aus der Acht gelassen werden könnte, ließe sich dieses Verfahren anwenden. Biot hat in der Lehre vom Elektromagnetismus einen, allerdings nur in den Händen eines geschickten Experimentators brauchbaren, Weg hiezu beschrieben, weshalb ich hier nicht besonders davon spreche, und zwar um so weniger, da die vorige Anwendungsart dieses Mittel entbehrlich macht.

Will man jedoch zwei Ströme blos in so fern vergleichen, ob der eine stärker oder schwächer als der andere ist, ohne ein genaues Maß derselben zu verlangen, so kann man allerdings auch dem Multiplicator die gewöhnliche Lage lassen, wo seine Windungen der Nadel parallel sind, ohne die Erdkraft vorher zu neutralisiren; indem jedenfalls derjenige Strom der stärkere ist, welcher die Nadel in schnellere Schwingungen versetzt.

So weit das Wesentliche der zur Messung dienenden Verfahrungsarten. Jetzt haben wir noch von verschiedenen Vorsichtsmaßregeln und Rücksichten zu sprechen, die bei diesen Messungen zu nehmen sind, und mit denen es unerläßlich ist, sich bekannt zu machen, wenn man irgends auf vergleichbare Resultate rechnen will.

Was zuvörderst das Verfahren bei der Zählung anlangt, so ist es, um diese mit der größtmöglichen Genauigkeit vorzunehmen, zweck-

---

* Der Streifen **cbad**, Taf. VIII. Fig. 27, ist mit seinem untern Blatte **bc** in das Holz des Untersatzes eingelassen und befestigt, welcher die Glocke trägt. **e** ist ein isolirender Zwischenkörper, welcher die außerhalb der Glocke hervortretenden breiten Fortsätze des obern und untern Blattes trennt. **f** und **g** sind mit Quecksilber zu füllende Metallschälchen, in welche möglichst dicke und kurze Drähte von den Elektromotorplatten aus geleitet werden. Auf dem obern Blatte ist eine, in **b**, Fig. 28, sichtbare Oeffnung zum Eindringen der untern Nadel in den Streifen eingeschnitten. Bei der Messung durch das Verfahren der Oscillationen erhalten die Nadeln die durch die punctirte Linie angedeutete Stellung gegen den Streifen.

mäßig, den Anfang der Zählung nicht mit dem Ende oder Anfange einer Oscillation zu beginnen, weil hier die Schwingung, indem sie aus einer Richtung in die entgegengesetzte übergeht, gleichsam eine kleine Zeit stationär bleibt, so daß man den Augenblick, wo die Schwingung eigentlich beginnt oder aufhört, nicht mit vollkommener Präcision zu bestimmen weiß. Vielmehr muß man von der Mitte einer Oscillation zu zählen anfangen, wo die Bewegung der Nadel am stärksten ist. Man bindet zu diesem Zweck einen feinen Seidenfaden um den Multiplicator, so daß sich die obere Nadel in ihrem Ruhezustande mit der Spitze gerade über diesem Faden befindet *, und beginnt nun mit Null die Zählung von dem Augenblicke an, wo die Nadel in der Mitte einer Oscillation über diesen Faden hinweggeht und beendigt sie mit der Zahl, welche man in dem Augenblick erhält, wo die Nadel nach einer paaren Anzahl von Oscillationen wieder zum Faden zurückgekehrt ist. Auf solche Weise kann aller Irrthum, welcher begangen wird, nur darauf beruhen, daß, wenn die Nadel nicht gerade mit dem Anfange oder Ende eines Zeittheils am Faden anlangt, man den Bruch des Zeittheils durch ungefähre Schätzung zu bestimmen suchen muß.

Man muß sich ferner überzeugen, daß das Gestelle, auf welchem der Multiplicatordraht aufgewunden ist, wenn es von Metall ist, nicht etwa selbst magnetische Stellen hat, d. h. solche, welche Anziehung oder Abstoßung auf eine Magnetnadel äußern. Namentlich das gehämmerte Messing scheint, vielleicht wegen Eisengehalts, diesem Uebelstande ausgesetzt, und ich selbst habe die Erfahrung hievon gemacht. Ein solches Gestell ist ganz zu verwerfen, und man muß sich daher lieber zu diesen Versuchen eines Gestells von Holz oder von einem andern Metall bedienen.

Man findet ferner öfters, daß die Magnetnadel, wenn man sie, nachdem man einen starken Strom darauf hat einwirken lassen, wieder unter dem bloßen Einfluß der Erdkraft oscilliren läßt, nicht mehr dieselbe Anzahl Zeittheile zu einer bestimmten Zahl Oscillationen braucht, als vorher. Zwei Ursachen können hieran Schuld haben. Einmal kann der Strom selbst verändernd auf den Magnetismus der Nadel wirken, da, wie wir in der Lehre vom Elektromagnetismus erfahren werden, selbst unmagnetischer Stahl durch vorbeigehende elektrische Ströme Magnetismus erhalten kann. Nun hängt die Schnelligkeit der Oscillationen, die eine Nadel vollbringt, nicht allein von der Kraft, die sie in ihre Gleichgewichtslage zurückzuführen strebt, sondern auch von der Kraft ihres eigenen Magnetismus ab (ist dem Product aus beiden proportional), und bei jeder Veränderung dieser Kraft muß sich daher auch die Schnelligkeit ihrer

* Man kann auch statt des Fadens hiezu eine auf einer Kreistheilung verzeichnete Linie wählen. Allein die Scheibe der Eintheilung hindert, die Nadel bequem aus dem Multiplicator herauszunehmen, was öfters von Nutzen seyn kann.

Schwingungen ändern. Die zweite Urſache anlangend, ſo ſcheint es nach einigen Erfahrungen, als ob der Schließungsdraht, wenn er unter dem Einfluß ſtarker Ströme geweſen, auch nach Oeffnung der Kette zuweilen noch ſchwach in der Art zu wirken fortführe, als wenn ihn ein Strom durchliefe, welches dann ebenfalls die Schwingungsdauer der Nadel, ſo lange ſie dem Einfluß des Drahts ausgeſetzt bleibt, ändern muß.

Von dem Einfluß der erſten Urſache habe ich mich ſelbſt in einigen vorkommenden Fällen überzeugt, indem ich die Nadel, deren Schwingungsdauer ſich verändert hatte, aus dem Multiplicator herausnahm und für ſich ſchwingen ließ, wo ſich noch dieſelbe veränderte Schwingungsdauer zeigte, zum Beweiſe, daß hiebei die zweite Urſache nicht mit thätig geweſen war. Deſſen ungeachtet könnte ſie in einigen Fällen in Betracht kommen.

Des hier angegebenen Umſtandes wegen muß man ſich nach und innerhalb jeder Verſuchsreihe überzeugen, ob ſich die Schwingungsdauer der Nadel nicht während derſelben ändert, weil man ſonſt keine vergleichbaren Reſultate erhalten würde, wenn man die Kraft blos nach der zu Anfang der Verſuche beobachteten Oscillationszeit der Nadel berechnen wollte. Bei nicht zu ſtarken und zu lange einwirkenden Strömen hat man übrigens nichts von dieſem Umſtand zu beſorgen, wie mich vielfältige Verſuche gelehrt haben, und vielleicht würde er ſich durch Anwendung von Nadeln, die einen angemeſſenen Härtungsgrad beſitzen, faſt ganz beſeitigen laſſen.

Bei allen meſſenden Verſuchen über die Stärke des Stroms, welche vergleichbar ausfallen ſollen, muß man die Verbindung der Metalldrähte mit den Elektromotoren ſtets auf eine gleichförmige Weiſe zu erhalten, und es ſo einzurichten ſuchen, daß man die Kette ſchließen oder öffnen kann, ohne die Metallplatten aus ihren Verhältniſſen zur Flüſſigkeit zu bringen. Am beſten genügt man dieſen beiden Zwecken dadurch, daß man den Leitungs- oder Multiplicatordraht mit ſeinen beiden Enden in zwei Gefäße mit Queckſilber tauchen läßt * und in dieſelben Gefäße Drähte leitet, die an den entgegengeſetzten Elektromotorplatten oder den Polen einer Säule, deren Strom gemeſſen werden ſoll, angelöthet ſind. Solchergeſtalt kann man, ohne an dem elektromotoriſchen Apparat ſelbſt etwas zu ändern, die Schließungsdrähte oder Multiplicatoren beliebig wechſeln, um z. B. die Stärke des Stroms für Schließungsdrähte von verſchiedener Beſchaffenheit und Dimenſion bei demſelben elektromotoriſchen Apparat zu vergleichen.

Es iſt im Allgemeinen nicht räthlich, ſich bei meſſenden Verſuchen über die Kette feuchter Tuch- oder Pappſcheiben als Zwi-

* Eine größere oder geringere Tiefe des Eintauchens der Drähte bei verſchiedenen Verſuchen iſt gleichgültig. Ich bediene mich zu ſolchen Gefäßen kleiner, mit einem durchbohrten Korkſtöpſel verſchloſſener, Gläſer. Durch das Loch des Stopfels laſſen ſich die Drähte leicht einſenken und wieder herausziehen.

ſchenleiter zu bedienen, weil man es nie in ſeiner Gewalt hat, die Berührung des Metalls mit der Feuchtigkeit bei verſchiedenen Ketten völlig gleich einzurichten, was ſehr bedeutende Unterſchiede in der Wirkſamkeit nach ſich zieht. Indeß kann man dieſe Ungleichheiten merklich compenſiren, wenn man anſtatt einfacher Ketten Säulenanordnungen wählt, für jede Säule die auf gleiche Weiſe genäßten, vorher noch zu keinem andern Verſuche angewandten, Tuch- oder Pappſcheiben unter einem mäßigen und völlig gleichen Druck ausdrückt, auf jede Säule, nachdem ſie geſchichtet iſt, einen gleich ſtarken (durch ein gleiches Gewicht hervorgebrachten) und gleich lange anhaltenden, Druck wirken läßt, um eine innige Berührung ihrer Metallplatten mit den feuchten Scheiben bei allen auf die gleichförmigſte Weiſe zu bewerkſtelligen. Indem man dann von mehrern ſolchen Säulen bald die gleichnamigen, bald die ungleichnamigen Pole verbindet, hat man es in ſeiner Gewalt, ſie als Säulen von großen Platten oder als Säulen von vielen Platten wirken zu laſſen (vergl. S. 46 ff.).

Unter Anwendung dieſer ſämmtlichen Vorſichtsmaßregeln iſt es mir durch Combinationen ſolcher partiellen Säulen aus blos 5 oder 6 Plattenpaaren geglückt, das Geſetz, nach welchem die Wirkung mit der Oberfläche und Zahl der Platten wächſt, mit völlig genügender Schärfe nachzuweiſen. In der That erhellt, daß, wenn auch ungeachtet aller angewandten Vorſicht eine Platte in einer Säule eine etwas andere Berührungsart mit der Feuchtigkeit haben ſollte, als eine andere in einer andern, doch dieſer Umſtand ſich bei Anwendung mehrerer Platten merklich compenſiren wird.

Bei einfachen Ketten jedoch iſt dieſe Anwendungsart durchaus unzuläſſig. Hier muß man ſich ſtets der Anordnung von Trogapparaten bedienen. In Ermangelung porcellanener Tröge, welche jedenfalls den Vorzug verdienen aber theuer ſind, kann man Tröge von Eichenholz, die mit kochendem Oelfirniß ausgegoſſen und wohl getrocknet ſind, anwenden. Man ſenkt die Platten in Fugen ein, die in den Seitenwänden oder auf dem Boden der Tröge angebracht ſind *. Nach dem beſondern Zwecke der Verſuche kann man dieſe Tröge leicht beliebig abändern.

Will man die Kraft eines Stroms zu Anfange ſeiner Wirkſamkeit meſſen, ſo muß man ſich wohl hüten, die Kette dadurch ſchließen zu wollen, daß man von beiden, mit den Enden des Multiplicatordrahtes ſchon in Verbindung geſetzten, Platten die eine zur andern hinzutaucht, weil dann nicht die ganze Oberfläche der Platte auf einmal mit der Flüſſigkeit in Berührung kommen könnte; die

* Zu Apparaten, welche als Säulen wirken ſollen, muß man ſich jedoch ſtatt eines Trogs mit Scheidewänden lieber einzelner gleich communicirender Zellen bedienen. Denn das hält gewahrt, namentlich bei wiederholter Anwendung der Tröge, nie hinreichende Sicherheit, daß ſich nicht die Flüſſigkeit eine Communication aus einer Zelle in die andere bahne.

Wirkſamkeit der Kette aber zum Theil abhängig von dieſer Berührungsgröße iſt. Vielmehr muß man erſt, nachdem beide Platten ſchon eingetaucht ſind, ihre Verbindung mit dem Multiplicator bewerkſtelligen. Geſchieht dies auf die vorhin angezeigte Art mittelſt Eintauchens angelötheter Drähte in Gefäße mit Queckſilber, ſo hat man es dann in ſeiner Gewalt, den Augenblick der Schließung mit dem Anfang der Zählung der Oscillationen aufs Genaueſte coincidiren zu machen.

Ganz eigenthümliche Schwierigkeiten hinſichtlich einer vergleichbaren Meſſung der Kraft der hydroelektriſchen Kette unter verſchiedenen Umſtänden macht die große Veränderlichkeit ihrer Wirkſamkeit, über welche wir die nähern Beſtimmungen zwar erſt ſpäter darlegen können, über die es jedoch ſchon jetzt nöthig iſt, einiges Allgemeine vorauszuſchicken, da ohne eine beſtändige Rückſicht auf dieſe Veränderlichkeit und Kenntniß der allgemeinen Umſtände, von denen ſie abhängt, jeder Verſuch, vergleichbare Maße über die Kette zu erhalten, vergebens ſeyn würde; ja viele frühere Verſuche ſind aus Mangel dieſer Berückſichtigung in der That für unbrauchbar zu halten. Ohm iſt es, der zuerſt nähere Beſtimmungen über dieſe Veränderlichkeit, die er mit dem Namen des Wogens der Kette bezeichnet, gegeben hat, wozu ich ſelbſt mehrere Data hinzufügen kann. Eine ausführlichere Erörterung darüber wird man im vierundzwanzigſten Capitel finden.

Wir werden dort ſehen, daß die Kraft jedes Stroms unmittelbar nach der Schließung der Kette am ſtärkſten iſt und nach Umſtänden mehr oder weniger ſchnell abnimmt, doch ſo, daß ſie nach einiger Zeit einen, ſelbſt während mehrerer Stunden merklich gleichbleibenden, Stand annimmt. Bei hinter einander anzuſtellenden Verſuchen über die Kette, welche vergleichbar ausfallen ſollen, muß man daher entweder dieſen gleichförmigen Zuſtand der Kette abwarten, oder, wenn gerade das Maß der Kraft zu Anfange der Wirkſamkeit verlangt wird, muß man es nur aus einer ſo geringen Anzahl Oscillationen ableiten, während welcher die Kraft des Stroms als merklich gleichbleibend angeſehen werden kann *.

Will man die erſte Wirkſamkeit einer Kette unter verſchiedenen abgeänderten Umſtänden, z. B. mit verſchiedenen Flüſſigkeiten, oder bei verſchiedener Länge der metalliſchen Zwiſchenleiter vergleichen, ſo iſt erfoderlich, vor jedem neuen Verſuche die Platten ſorgſam zu reinigen, da jede Schließung einer Kette Veränderungen auf den

* Ganz verwerflich iſt das von mehreren angewandte Verfahren, zum vergleichbaren Maß der Kraft verſchiedener Ketten diejenige Ablenkung zu benutzen, die 5 bis 10 Minuten nach dem erſten Ausſchlage der Nadel beobachtet wird. Denn einerſeits iſt hier in den meiſten Fällen noch kein merklich conſtanter Zuſtand eingetreten, andrerſeits iſt die Wirkungsabnahme in verſchiedenen Ketten ſo verſchieden, daß alle Vergleichbarkeit nach dieſem Verfahren wegfällt. Aus den Reſultaten des vierundzwanzigſten Capitels wird dies deutlich genug erhellen.

Platten nach ſich zieht, die eine Verminderung ihres elektrometeriſchen Gegenſatzes bedingen, wovon wir ſpäter noch ausführlicher handeln werden; oder man muß wenigſtens die Kette ſogleich, nachdem man die zum Maß erforderliche Zahl von Oscillationen beobachtet hat, wieder öffnen und längere Zeit ungeſchloſſen laſſen, ehe man ſie von Neuem unter den abgeänderten Umſtänden ſchließt, indem man findet, daß durch ein längeres Offenſeyn der Kette ihre Kraft merklich wiederhergeſtellt wird. Indeß darf man doch, wie ich bei meinen Verſuchen gefunden habe, dieſe Abwechſelungen im Schließen und Oeffnen nicht zu oft wiederholen, ohne bei ſpätern Schließungen wirklich ſtets eine geringere Kraft als bei der erſten zu erhalten, und ich halte es daher überhaupt für zweckmäßiger, die Platten vor jedem neuen Verſuch von Neuem zu reinigen *.

Eine ſehr wichtige Vorſichtsmaßregel iſt ferner die, daß man während hinter einander zu nehmender Maßbeſtimmungen an derſelben Kette, welche vergleichbar ſeyn ſollen, die Kette nie öffne, ſondern das Einbringen und Wegnehmen von Leitern in dieſelbe oder aus derſelben ſo vornehme, daß die Kette doch ſtets dabei geſchloſſen bleibt.

In der That werden wir im 24ſten Capitel erfahren, daß jede geſchloſſene Kette, wenn ſie auf einen gleichförmigen Grad ihrer Wirkſamkeit herabgekommen iſt, nach dem Oeffnen und Wiederſchließen ſofort ſich verſtärkt in ihrer Wirkung zeigt, welche Wirkung nur wieder allmälig zu ihrem vorigen Stande zurückkommt. Sollte daher ja im Laufe der Verſuche die Kette geöffnet worden ſeyn, ſo muß man die Wiederherſtellung des gleichförmigen Zuſtandes, — der, wenn die Oeffnung keine lange Zeit dauerte, allerdings bald wieder eintritt — erſt abwarten, bevor man die Verſuche weiter fortſetzt. Durch eine geeignete Anordnung der Apparate läßt ſich obige Vorſichtsmaßregel leicht verwirklichen.

In Zuſammenhang mit derſelben ſteht folgende Vorſichtsmaßregel: Man darf nicht, wenn man aus einer zuſammengeſetzten Kette von conſtant gewordenem Zuſtande ein oder das andere Plattenpaar

---

* Bei Verſuchen in Brunnenwaſſer habe ich jedoch öfters die Beobachtung gemacht, daß wenn man die Kette gleich nach den 4 oder 5 erſten Oscillationen der Nadel wieder öffnet, und nun die Kupferplatte aus der Flüſſigkeit herauszieht, um ſie ungefähr eine noch einmal ſo lange Zeit in Berührung mit der Luft zu laſſen, als die Kette geſchloſſen war, bei nachheriger Wiederſchließung die Kraft öftere Wiederholungen hindurch völlig die urſprüngliche war. Dieſes Verfahrens, was das öftere Reinigen der Platten erſpart, wird man ſich immer bedienen können, nachdem man ſich nur zuvor von dieſer genauen Wiederherſtellung durch hinreichende vorläufige Verſuche überzeugt hat. Allgemein anwendbar iſt es aber keineswegs. Denn wenn man z. B. in Salmiakauflöſung eben ſo verfahren wollte, würde man bemerken, daß die herausgezogene und wieder eingetauchte Platte jetzt eine ſtärkere Kraft durch die Berührung mit der Luft angenommen hat, als ſie bei der erſten Schließung zeigte. — Die Zinkplatte herauszuziehen iſt überhaupt von keinem merklichen Belang.

weggelaſſen hat, um die hiedurch erfolgende Verminderung der Wirkung zu meſſen, etwa dadurch ein Mittel aus mehrern Beobachtungen erhalten wollen, daß man es nun wieder in die Kette hinzunimmt, und jetzt ſofort die Kraft von Neuem mißt, denn man wird finden, daß die Kraft dann im Anfange größer, oft viel größer iſt, als bei dem conſtanten Zuſtande, bevor das Plattenpaar aus der Kette gelaſſen war, und nur allmälig erſt wieder zu dieſem conſtanten Stande zurückkehrt. In der That iſt die Erſtwirkung, welche man nach dem Wiedereinnehmen der Platten in die Kette beobachtet, zuſammengeſetzt aus der conſtant gebliebenen Wirkung der in der Kette gebliebenen Platten und der durch das Weglaſſen aus der Kette verſtärkten Kraft der wieder hineingenommenen Platten *.

Man muß daher, wenn dieſelbe Kette nachher noch zu weitern Verſuchen oder zu einer Wiederholung der erſten dienen ſoll, die Kette erſt wiederum eine geraume Zeit geſchloſſen ſtehen laſſen, bis die Wirkung der wieder hinzugenommenen Platten ſich mit der Wirkung der in der Kette gebliebenen merklich ausgeglichen hat, welches, wenn die Platten nicht zu lange aus der Kette gelaſſen wurden, in der That bald geſchieht, indem die Kette dann wieder ihren vorherigen, merklich conſtanten, Stand der Kraft annimmt. Bei einem, deshalb angeſtellten, Verſuche fand ich, daß hiebei kein Entgegenkommen der in der Kette gebliebenen und der wieder hinzugenommenen Platten Statt findet, ſo daß etwa, während die Wirkſamkeit der letztern allmälig wieder abnimmt, zugleich die der erſtern zunähme, vielmehr bleiben die erſten auf ihrem conſtanten Zuſtande, und blos die Wirkſamkeit der letzten deprimirt ſich allmälig wieder ſo, um der der erſten parallel zu werden. Doch will ich dieſes Reſultat nicht für allgemein ausgeben, da ich die Beobachtung blos für einen einzigen Zuſtand der Kette gemacht habe.

Bei manchen Verſuchen, wo ein Mittel aus mehrern Beobachtungen zu ziehen iſt, kann dieſe Schwankung in der Kraft der aus der Kette gelaſſenen Platten ſehr läſtig werden. Ich bin ſpäter auf ein Mittel verfallen, wodurch ſich dieſelbe ganz oder faſt ganz beſeitigen läßt, welches darin beſteht, daß man, ſo wie man z. B. eine Kupfer- und Zinkplatte aus der Kette wegläßt, ſie ſofort für ſich, durch Ueberleitung ihrer Drähte in zwei Queckſilbergefäße ſchließt, die durch einen Draht verbunden werden, der dem Draht des angewandten Multiplicators an Länge ungefähr gleich iſt. Nimmt man die Platten dann wieder in die urſprüngliche Kette hinein, ſo werden ſie im Allgemeinen keine in Betracht kommende Schwankung zeigen, oder wenn das, hiebei nicht wohl zu vermeidende, augenblickliche Ungeſchloſſenſeyn der Platten während des Herausziehens

* Es betrifft übrigens die Wiederherſtellung der Wirkung durch das Weglaſſen aus der Kette nur die negativen Platten in merklichem Grade, wie ich mich überzeugt habe.

der Drähte eine ſolche mit ſich bringt, ſo wird dieſe doch ſehr ſchnell verſchwunden ſeyn *.

Bei Beobachtung aller dieſer Vorſichtsmaßregeln iſt man deſſenungeachtet noch nicht ganz gegen eine Art des Wogens der Kette geſichert, welche, unabhängig von der Oeffnung oder Schließung derſelben, blos durch Veränderung der in ihr vorhandenen Leitung ſelbſt bedingt wird, und um ſo läſtiger werden kann, da die wichtigſten Maßverſuche über die Kette gerade die Abhängigkeit ihrer Kraft von Aenderung in der Leitung durch ihre verſchiedenen Theile betreffen.

Ich habe zuvörderſt oft eine Beobachtung von Ohm beſtätigt gefunden, zufolge welcher, wenn man bei merklich conſtant gewordener Kraft der Kette, einen ſchlechten Zwiſchenleiter in ſie bringt, die hiedurch ſofort verminderte Kraft allmälig wieder zu ſteigen anfängt; dagegen, wenn man den Leitungsdraht verkürzt, die Wirkung zwar ſofort hiedurch verſtärkt wird, aber allmälig von da an ſinkt; eben ſo habe ich öfters beobachtet, daß, wenn ich einen Theil einer erregenden Oberfläche aus der Kette wegließ, die Kraft nicht beim erſten Grade des hiedurch bedingten Sinkens ſtehen blieb, ſondern von da an allmälig immer weiter ſank. Es müſſen jedoch bei dieſer Art des Wogens noch beſondere Bedingungen obwalten, von denen es abhängt; denn ich habe bei vielen Verſuchen die Länge des Schließungsdrahts vom Einfachen aufs Funfzehnfache erhöht, ohne während der erſten Minute, welche zur Meſſung der Kraft gebraucht wurde, die geringſte Zunahme der, durch dieſen vermehrten Leitungswiderſtand beträchtlich verminderten, Kraft wahrnehmen zu können, wie daraus erhellte, daß die erſten Oscillationen mit den letzten Oscillationen während dieſer Zeit vollkommen iſochroniſch waren, während unter andern Umſtänden ſchon bei geringerer Verlängerung des Leitungsdrahts die Wirkungszunahme binnen der erſten Minute ſehr merklich war. Eben ſo habe ich das, durch Verkleinerung der erregenden Oberfläche bewirkte, Wogen der Kraft nur unter gewiſſen Umſtänden bemerkt; unter andern war es, von der erſten bis zur letzten Platte, die ich aus der Kette ließ, durchaus unmerklich. Ich weiß die Umſtände, auf die es hiebei ankommt, nicht mit Beſtimmtheit anzugeben, doch hat es mir geſchienen, daß die letzte Art des Wogens namentlich bei großer Länge des Drahts und bei kleinen

* Dieſe Abhülfe läßt ſich jedoch dann nicht anwenden, wenn mehrere Plattenpaare, durch Verbindungsdrähte zu einer gemeinſchaftlichen erregenden Oberfläche geſchloſſen, in demſelben Trege, ſo daß Communicationen der Flüſſigkeit in ihnen Statt finden, vorhanden ſind. Wollte man dann die aus der gemeinſchaftlichen Kette weggelaſſenen Platten zu einer Kette für ſich ſchließen, ſo würden durch die gemeinſchaftliche Flüſſigkeit die Ströme der beiden Ketten wechſelſeitig communiciren, und der Strom der einen Kette zum Theil auch durch den Verbindungsdraht der andern laufen. Ich habe dieſen Umſtand zu meinem Schaden erfahren, da ich bei einer ſonſt gut eingerichteten Verſuchsreihe erſt zuletzt auf die Berückſichtigung deſſelben aufmerkſam wurde.

Platten, wenn ich mit Weglaſſung der Platten aus der erregenden Oberfläche zu den letzten Platten gelangte, einträte, wiewohl auch in dieſem Fall öfters nichts davon zu bemerken war.

Endlich hat man noch eine Schwierigkeit zu überwinden, welche darin begründet liegt, daß es ſchwer hält, ſich ganz homogene Platten zu verſchaffen. Der Verſuch ſelbſt führt zur Kenntniß dieſer Nichthomogeneität, wo ſie Statt findet, wenn man bei zwei ſucceſſiven Beobachtungsreihen, bei denen man von derſelben Kraft der ganzen Kette ausgeht, jedesmal die einzelnen Plattenpaare, die zu Einer Oberfläche oder Einer Säule vereinigt wirkten, in entgegengeſetzter oder überhaupt verſchiedener Reihenfolge aus der Kette wegläßt. Sind alle Platten homogen, ſo müſſen die beobachteten Werthe der Kraft, welche den ſo verminderten Größen der Kette entſprechen, wirklich gleich bei den Beobachtungsreihen ausfallen; im Gegentheil aber verſchieden.

Nun habe ich bei meinen meiſten Verſuchen mit Platten aus käuflichen Metallen eine ſolche Verſchiedenheit wirklich wahrgenommen. Um ſie möglichſt zu beſeitigen, verfuhr ich in der Regel ſo, daß ich Anfangs eine größere Anzahl Plattenpaare in die Kette nahm, als bei welcher der Verſuch nachher ſtehen blieb, und wenn mir vorläufige Verſuche wirklich eine zu bedeutende Nichthomogeneität der Plattenpaare zu erkennen gaben, diejenigen Plattenpaare aus der Kette ließ, welche mir am weiteſten von den andern abzuweichen ſchienen. So habe ich bei mehreren zuſammengeſetzten Ketten faſt ganz gleiche Werthe für die in der Kette gebliebenen Plattenpaare erlangt, wenn ich ſie bei ſucceſſiven Beobachtungsreihen in verſchiedner Ordnung aus der Kette ließ; dagegen ich andre, mit großer Sorgfalt eingeleitete, Verſuchsreihen habe aufgeben müſſen, weil keine Uebereinſtimmung der Werthe auf ſolchem Wege zu erlangen war.

Die in dieſen Fällen beobachtete Nichthomogeneität rührte, wie ich mich überzeugt halte, nicht von verſchiedener Reinigung der Platten her, ſondern von wirklich chemiſchen Differenzen, denen namentlich das Zink ausgeſetzt iſt, und für welche auch andere ſpäter zu betrachtende Erſcheinungen ſprechen. In der That habe ich die Zeichen dieſer Nichthomogeneität eben ſo gut bei ganz neuen und bei ganz friſch abgefeilten Platten bemerkt, als bei ſolchen, die blos mit Sand geſcheuert waren. Ich habe mich überdieß bei einer eigenthümlichen Claſſe von Verſuchen, wo der Einfluß der Nichthomogeneität der Platten in ganz beſonders ſtarkem Grade hervortritt, und für Kupfer und Zink beſonders beobachtet werden kann, überzeugt, daß dieſe Nichthomogeneität das Zink in ohne Vergleich ſtärkerm Grade betrifft, als das Kupfer, ſo daß von erſterem ſelbſt Platten, die aus demſelben Stück geſchnitten ſind, manchmal ſehr abweichende Werthe geben können, während das Kupfer faſt immer ziemlich conſtante Werthe giebt. Auch ſcheint der Einfluß der Nichthomogeneität in ſtärkern Leitungsflüſſigkeiten auffallender zu ſeyn, als

in ſchwächern; und bei Verſuchen in Brunnenwaſſer habe ich nicht ſehr damit zu kämpfen gehabt.

Wo ich glaubte, den Einfluß der Nichthomogeneität nicht ganz vernachläſſigen zu können, habe ich bei einigen Verſuchen ſtets Mittel aus zwei oder ſelbſt mehrern Beobachtungsreihen, bei denen die Platten in verſchiedener Ordnung aus der Kette weggelaſſen wurden, angewandt. Wo dieſer Einfluß zu bedeutend war, und durch Weglaſſung von Platten die Homogeneität der Kette nicht hinreichend hergeſtellt werden konnte, habe ich den Verſuch mit dieſen Platten nicht fortgeſetzt. Oefters habe ich übrigens bemerkt, daß im Laufe des Geſchloſſenſeyns der Kette das Verhältniß der Homogeneität oder Nichthomogeneität der Platten ſich änderte, unſtreitig, weil der Angriff der Flüſſigkeit auf die Platten neue Oberflächen daran hervorrief.

Unter Berückſichtigung aller der hier gegebenen Vorſichtsmaßregeln kann man ſicher ſeyn, mittelſt der Methode der Oscillationen Reſultate zu erlangen, die hinſichtlich ihrer Präciſion nichts zu wünſchen übrig laſſen, und einige beiſpielsweiſe angeführte Verſuchsreihen im achtzehnten Capitel können dieſem zum Belege dienen, bei welchen ich nur nicht erlaubt habe, auch nur Bruchtheile von Zeittheilen, die ich als durch Schätzung beobachtet aufgezeichnet habe, willkührlich zu ändern, um ſie dem berechneten Mittel etwa näher zu bringen. Bei Nichtberückſichtigung jener Vorſichtsmaßregeln kann man dagegen eben ſo ſicher ſeyn, nur wechſelnde und der Genauigkeit ermangelnde Reſultate zu erlangen; weshalb es nicht überflüſſig ſchien, ihr Detail hier etwas genauer zu erörtern. — Hiezu mag ſchließlich noch eine Bemerkung gefügt werden.

Hat man zum Zweck, durch die zu nehmenden Maße allgemeine Geſetze für die galvaniſche Kette feſtzuſtellen, ſo darf man nie vernachläſſigen, ein Geſetz, was ſich für eine gewiſſe Anordnung der Kette beſtätigt hat, auch für möglichſt andere Umſtände der Kette, als eine verſchiedene Beſchaffenheit der Leitungsflüſſigkeit, verſchiedene Größe der metalliſchen Oberflächen, welche mit der Flüſſigkeit in Berührung ſind, verſchiedene Länge des Leitungsdrahts, endlich für verſchiedene Wirkungsperioden der Kette zu bewähren, weil man ſonſt öfters in den Fall kommen würde, der Kette allgemeine Verhältniſſe beizulegen, die ihr in der That nur unter gewiſſen Umſtänden zukommen. So werden wir ſpäter ſehen, daß unter gewiſſen Umſtänden die Wirkſamkeit einer Kette in merklich genauem Verhältniſſe mit der Größe der metalliſchen Oberflächen, die mit der Flüſſigkeit in Berührung ſind, zunimmt. Allein man darf dieß Geſetz keineswegs auf alle Kettenanordnungen übertragen, da bei andern die Wirkung nicht einmal merklich mit jenen Oberflächen wächſt; etwas Aehnliches iſt mit dem Einfluß der Länge des Leitungsdrahts auf die Kette und noch vielen andern Umſtänden der Fall, worüber das folgende Cap. nähere Aufſchlüſſe geben wird.

Sechszehntes Capitel.

Allgemeine Betrachtung der Umſtände, von welchen die Wirkſamkeit galvaniſcher Ketten abhängt.

Wenn wir auch ſtets die nämlichen Metalle zu einer einfachen oder zuſammengeſetzten Kette combiniren, ſo äußert doch der dadurch erzeugte Strom keineswegs unter allen Umſtänden dieſelbe Kraft, wie ſich aus Vergleichung der Wirkungen, die er unter dieſen Umſtänden hervorbringt, ergiebt. Es iſt wichtig, die Einflüſſe, welche in dieſer Hinſicht zu ſeiner Verſtärkung oder Schwächung wirken können, kennen zu lernen, und wo möglich meſſend zu beſtimmen. Im jetzigen Capitel ſollen dieſe Umſtände im Zuſammenhange erörtert werden, in den folgenden Capiteln werden wir auf die einzelnen derſelben beſonders zurückkommen.

Eine wichtige Frage jedoch, die zuvor erörtert werden muß, iſt, ob alle Wirkungen der geſchloſſenen Kette durch die nämlichen Einflüſſe verſtärkt oder geſchwächt werden, ſo daß man zum Voraus ſchließen kann, wenn eine Art der Wirkung durch einen gewiſſen Umſtand vergrößert oder verkleinert wird, daß alle übrigen Wirkungen der Kette einen gleichen Einfluß hievon erleiden werden. Mit andern Worten heißt dieß, iſt die Kraft des Stroms eine einzige und identiſche, die nur nach Beſchaffenheit der Körper, auf die ſie wirkt, verſchiedene Erſcheinungen hervorbringt, oder äußert der Strom Kräfte, die ihrem Weſen nach verſchieden ſind, mithin auch durch verſchiedene Einflüſſe in verſchiedenem Grade verſtärkt oder geſchwächt werden können. Dem erſten Anblick nach ſcheint das Letzte der Fall zu ſeyn, denn wir finden z. B., daß die Schläge, die eine Säule aus großen und eine andere aus kleinen Platten ertheilt, wofern nur die Zahl der Plattenpaare und die übrigen Umſtände gleich ſind, nicht merklich verſchieden an Stärke ausfallen, während alle andere Wirkungen der geſchloſſenen Kette durch die Größe der mit der Flüſſigkeit in Berührung befindlichen Plattenoberfläche augenſcheinlich zunehmen, ja mehrere derſelben verhältnißmäßig mehr dadurch, als durch eine vermehrte Zahl der Plattenpaare wachſen. Demnach ſcheint die Stärke der phyſiologiſchen Wirkungen von andern Umſtänden abzuhängen, als die der übrigen Wirkungen.

Dieſer Unterſchied wird jedoch verſchwinden, wenn wir ſpäter in Erfahrung bringen werden, daß der Einfluß der Plattengröße überhaupt um ſo mehr an Einfluß verliert, je größer der Widerſtand iſt, den die verſchiedenen Theile der Kette dem Strome entgegenſetzen. Da nun dieſer Widerſtand beim menſchlichen Körper, wenn er als Glied in die Kette gebracht wird, ſehr groß, bei den andern Körpern, auf welche man die Wirkung des Galvanismus zu prüfen pflegt, aber meiſt viel geringer iſt, ſo erklärt ſich jener Unterſchied ſehr wohl, ohne daß wir nöthig haben, eine Abhängigkeit

der verschiedenen Wirkungen der Kette von verschiedenen Umständen vorauszusetzen.

Aus der Vergleichung meiner eigenen Resultate mit den Resultaten Bischof's (vergleiche das achtzehnte Capitel) ergiebt sich ferner, daß die chemische Wirkung und die elektromagnetische Wirkung der Kette nach einem gleichen Gesetze bei Vermehrung der Plattenanzahl wachsen, und schon die allgemeine Erfahrung lehrt, daß alles, was den chemischen Prozeß in einer Kette befördert, auch der elektromagnetischen Wirkung förderlich ist.

In allen Umständen endlich, welche die Dimensionen und Beschaffenheit der flüssigen und festen Leiter in der Kette betreffen, haben sich bis jetzt durchaus keine nachweisbaren Unterschiede hinsichtlich ihres Einflusses auf die verschiedenen Wirkungen der Kette zu erkennen gegeben.

So weit wenigstens die bisherigen Erfahrungen zu schließen erlauben, sind wir daher vollkommen berechtigt, eine Abhängigkeit der verschiedenen Wirkungen der Kette von gleichen Umständen anzunehmen, und nur in Bezug auf die Hitzewirkungen sind noch specielle Versuche in diesem Betracht wünschenswerth; da, was an Erfahrungen darüber vorhanden ist, zu wenig unter sich selbst übereinstimmt, um einen sichern Schluß darauf bauen zu können. (Vgl. das 26ste Capitel.)

Diese allgemeine Bemerkung, die einer ziemlich eben so allgemeinen Erfahrung entnommen ist, ist in so fern von großer Wichtigkeit, als sie uns gestatten wird, um die für die Wirksamkeit in der Kette in Betracht kommenden Umstände einzeln zu prüfen, uns vorzugsweis an die Anzeigen eines Instruments zu halten, welches sie auf die einfachste und deutlichste Weise zu liefern vermag, ohne fürchten zu dürfen, hierin Resultate zu haben, die blos für die besondere Art der Wirksamkeit, für welche das Instrument empfänglich ist, gültig wären. Dieser Umstand ist es besonders, welcher der Erfindung des Multiplicators eine so außerordentliche Nutzbarkeit verleiht. Wir werden jedoch, indem wir denselben vorzugsweise zu unsern Untersuchungen anwenden werden, dabei nie den Hinblick auf diejenigen Erscheinungen vernachlässigen, welche die Wirksamkeit der Kette auch von andern Seiten darstellen können.

Wir wissen nicht mit Bestimmtheit anzugeben, auf welchem Verhältnisse der strömenden Elektricität in der Kette ihre Wirksamkeit beruhe. Da es aber nicht gut möglich ist, ohne alle Grundvorstellung hierüber die Abhängigkeit mancher Erscheinungen von den einzelnen Umständen des elektrischen Stroms zu besprechen, so legen wir in diesen Fällen diejenige Ansicht zu Grunde, welche nicht nur am einfachsten zur Repräsentation der Erscheinungen führen kann, sondern auch den mechanischen Grundgesetzen, welche die Wirkung einer in Bewegung befindlichen Flüssigkeit, als welche wir uns die Elektricität denken, betreffen, am angemessensten ist, indem wir anneh-

men, daß z. B. die Magnetnadel ſtets eine gleiche Wirkung von der Kette erfahren wird, wenn in gleicher Zeit gleichviel Elektricität (in derſelben Entfernung) bei der Nadel vorbeigeht, und eben ſo, daß die in die Kette ſelbſt gebrachten Leiter einen gleichen Einfluß erfahren werden, wenn durch einen gleichen Durchſchnitt derſelben in gleicher Zeit gleichviel El. hindurchgeht, oder was daſſelbe iſt, wenn die El. ſtets mit einer gleichen Quantität Bewegung auf eine gleiche Maſſe derſelben wirkt *.

Hienach würde die Wirkſamkeit der Kette überhaupt im zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Menge und der Geſchwindigkeit der El., die durch jeden Durchſchnitt derſelben läuft, ſtehen. Wir werden jedoch von dieſer ganzen Anſicht, da ſie ſich auf keine directe Art durch Erfahrung bewähren läßt, nur da Gebrauch machen, wo es nicht gut möglich iſt, anders als mit Bezug auf eine phyſiſche Vorſtellung von der Natur des Stroms ſeine Wirkungen abzuhandeln.

So können wir z. B. in Bezug auf dieſe Anſicht ſehr wohl den Umſtand erklären, daß die Stärke des Stroms in einer geſchloſſenen Kette im Allgemeinen kein directes Verhältniß zur Stärke der elektroſkopiſchen Wirkungen hat, welche die Kette geöffnet äußert.

Wir haben z. B. gefunden, daß Säulen aus gleich viel Plattenpaaren im Allgemeinen an ihren Polen dieſelbe Spannung äußern, wenn ſie auch mit ſehr verſchiedenartigen Flüſſigkeiten geſchichtet werden. Schließt man aber dieſe verſchiedenen Säulen ſucceſſiv mit demſelben Leiter, ſo wird man durch Vergleichung ihrer Wirkungen finden, daß die Stärke ihres Stroms im höchſten Grade verſchieden iſt; indem z. B. eine Säule, mit deſtillirtem Waſſer geſchichtet, wohl nicht den hundertſten Theil der Wirkung äußert, die man mit einer gut leitenden Flüſſigkeit erhält; und am auffallendſten wird dieſer Unterſchied, wenn man Zamboniſche Säulen mit gewöhnlichen Volta'ſchen Säulen vergleicht, indem man mit erſtern kaum vermag, Ströme von einigermaßen bemerkbarer Kraft zu erhalten; da ſie weder die Nadel des Multiplicators ablenken, noch Schläge ertheilen, noch Waſſer zerſetzen, wenn man ſie nicht in außerordentlich großem Maßſtabe einrichtet (vgl. S. 49 Anm.). Nun wiſſen wir aber, daß in den Säulen mit ſchlechtleitender Flüſſigkeit ſich die El. nur viel langſamer bewegen kann, als in den Säulen

* Ich will durch dieſe Vorſtellung durchaus nichts gegen die Anſicht präjudiciren, daß die Leitung und ſogenannte Strömung der El. vielmehr auf einer ſich fortpflanzenden Zerlegung der El. von Theilchen zu Theilchen beruhe, als auf einer wirklich fortſtrömenden Flüſſigkeit; es wäre ſelbſt möglich, daß letztere, von mehrern vertheidigte Anſicht, wenigſtens die richtigere wäre. Da jedoch die Erfahrung dieſen Punct bis jetzt noch unentſchieden gelaſſen hat, ſo habe ich im Obigen die Darſtellungsart zu Grunde gelegt, welche der Vorſtellung einen leichtern Anhalt gewährt, und dieß um ſo lieber, da es ſehr leicht iſt, wenn man das Verhältniß der Erſcheinungen nach einer Anſicht gefaßt hat, es in die andere überzutragen. Ueberdies würde die Beſeitigung der andern Anſicht eine Disharmonie mit der Biot'ſchen Darſtellung der übrigen Elektricitätslehre hervorgebracht haben.

mit beſſerer Leitung; und nach unſerer obigen Vorſtellung muß mithin auch die Wirkſamkeit des Stroms in erſtern im Verhältniß geringer ſeyn, während der Unterſchied der Leitung bei der offenen Kette blos in ſofern in Betracht kommt, als die Erreichung des Intenſitätszuſtandes, bei welchem die El. ins Gleichgewicht kommt, verzögert wird.

Die Theorie in Verbindung mit der Erfahrung hat hinſichtlich der Verſtärkung und Schwächung des Stroms zu einigen ſehr allgemeinen Geſetzen geführt, die man blos gefaßt zu haben braucht, um dadurch die Einſicht in die ſcheinbar verwickeltſten Umſtände der Wirkſamkeit der galvaniſchen Ketten zu erlangen. Die Nichtkenntniß dieſer Geſetze, die man erſt in den neueſten Zeiten namentlich durch die Bemühungen Ohm's kennen gelernt hat *, iſt Urſache geweſen, daß eine große Menge unrichtiger und von einander abweichender Beſtimmungen über die Abhängigkeit der Wirkſamkeit der Ketten von den einzelnen Umſtänden gegeben worden ſind, zu denen erſt jetzt der Schlüſſel gefunden iſt. Die beiden erſten dieſer Geſetze ſind allerdings noch nicht in dem Umfange in der Erfahrung nachgewieſen, daß nicht der Hinzutritt noch mehrerer Erfahrungen in dieſem Bezug ſehr wünſchenswerth wäre, wiewohl, was davon vorhanden iſt, ſich ſehr wohl dieſen Geſetzen anſchließt; was aber das ſpäter anzuführende dritte und wichtigſte anlangt, ſo ſind nicht nur von früher her eine große Menge Data verhanden, welche zu Gunſten deſſelben ſprechen, ſondern ich ſelbſt habe auch daſſelbe zum Gegenſtande einer durchgreifenden experimentalen Bewährung gemacht, deren Reſultate man theils in den folgenden Capiteln, theils und mehr im Detail, in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen finden wird, ſo daß ſich daſſelbe als vollkommen geſichert betrachten läßt.

Das erſte dieſer Geſetze iſt folgendes: Wenn die Wirkſamkeit irgend eines Theils der Kette zunimmt oder abnimmt, dadurch daß man die elektrometoriſche Kraft oder das Leitungsvermögen an irgend einer Stelle der Kette vermehrt oder vermindert, ſo nimmt die Wirkſamkeit aller übrigen Theile der Kette in entſprechendem Grade zu oder ab.

Um dieſen Grundſatz in einem beſondern Falle beſtätigt zu finden, braucht man nur in einer Kette, in welcher ſich an einer Stelle ein Waſſerzerſetzungsapparat angebracht befindet, und die an einer andern Stelle auf eine Magnetnadel wirkt, das Leitungsvermögen irgend eines feſten oder flüſſigen Theils der Kette beliebig zu erhöhen oder zu vermindern, ſo wird man ſtets ſowohl

* Seine theoretiſchen Betrachtungen ſind in Zuſammenhange dargeſtellt in s. Schrift: Die galvaniſche Kette, mathematiſch bearbeitet. Berlin 1827. Vgl. außerdem ſeine Abhandlungen in Schweigg. J. XLIV. 1. 245. 369. XLVI. 137. XLIX. 1. LV. 1. und Pogg. Ann. IV. 79. VI. 459. VII. 45. Kastn. Arch. XIV. 475. XVI. 1.

soweit die zersetzende Wirkung an der einen, als die elektromagnetische an der andern Stelle zugleich sich vermehren oder mindern sehen, wenn gleich die Veränderung im Leitungsvermögen an ganz andern Stellen vorgenommen wurde. Wir müssen freilich bemerken, daß noch directe Versuche zum Erweise fehlen, daß wirklich die Vermehrung oder Verminderung der Kraft alle Theile der Kette stets in genau gleichem Verhältnisse betrifft; doch können wir, bis nicht Erfahrungen das Gegentheil lehren, vorläufig diese Voraussetzung machen, da die bis jetzt vorhandnen allgemeinen Erfahrungen dieser Folgerung aus Ohm's Theorie nicht widersprechen.

Der Umstand, daß wir jedesmal da, wo ein Theil der Kette schlechter leitet, als die übrigen Glieder der Kette, eine gewisse Quantität freier El. auftreten sehen, deren Wirkung nicht nur für die fortgehende Strömung verschwindet, sondern die auch in dem Grade, als sie sich anhäuft, die Entwickelung der El. von der Erregungsstelle aus durch ihre Repulsivkraft verhindern oder schwächen muß, scheint eine allgemeine Ausgleichung des elektrischen Stroms in den verschiedenartigsten Theilen der Kette anzudeuten *, die wir vermuthungsweise in folgendem zweiten, das vorige zugleich unter sich befassenden, Gesetze aussprechen können, da für dessen wenigstens angenäherte Wahrheit mehrere, — freilich zur durchgreifenden Bewährung ebenfalls noch nicht hinreichende — Erfahrungen sprechen **.

Die Gesammtquantität von Elektricität, welche durch jeden Querschnitt der Kette, der senkrecht durch die Richtung des Stroms gemacht wird, in derselben Zeit hindurchgeht, ist in der ganzen Länge der Kette gleich groß, und unabhängig von der besondern relativen Beschaffenheit oder Größe jedes Querschnitts, wonach sich die Intensitäten des Stroms in jedem Theile der Kette umgekehrt wie die Querschnitte dieser Theile, senkrecht auf die Richtung des Stroms genommen, verhalten werden.

Die Erfahrungen, welche sich zu Gunsten dieses Gesetzes anführen lassen, sind folgende:

Seebeck *** schloß ein Plattenpaar von 5½ Quadratfuß successiv mit folgenden Körpern, und erhielt dabei an einer über

---

* Es scheint nämlich, als ob der Ueberschuß der El., den die bessern Leiter in der Kette mehr als die schlechtern fortzuführen vermöchten, anfing in die Strömung überzugehen, bis in freiem Gleichgewichtszustande an der Gränze der bessern und schlechtern Leiter aufhörte.

** Ohm hat dies Gesetz gleichfalls aus seinen theoretischen Betrachtungen abgeleitet, die sich jedoch nur auf die einfachsten Anordnungen der Kette beziehen. — Es würde von Wichtigkeit seyn, dasselbe völlig auf experimentalem Wege gefunden zu sehen.

*** Schweigg. J. XXXII. 86.

dem schließenden Körper angebrachten Magnetnadel folgende Ablenkungen:

Schließende Körper.	Ablenkung der Nadel
Metallstab von 3‡ Lin. Durchmesser	16°
Metallstreifen, 3‡ Zoll breit	9°
Metallstreifen, 12‡ Zoll breit	7°
Metallplatte, 2 Fuß breit	6°

Es erhellt mithin aus diesen Versuchen, daß je breiter der Streifen war, um so mehr nahm die Wirkung auf die Nadel ab. Da wir nun finden werden, daß die Vergrößerung des Querschnitts eines schließenden Leiters die allgemeine Stärke des Stroms vielmehr vergrößert, als vermindert, so können wir die schwächende Wirkung der Breite in diesem Falle nur davon ableiten, daß dasselbe (oder ein etwas größeres) Quantum El. sich in dem breiten Streifen viel mehr ausbreiten mußte, als in den schmälern, und wenn daher selbst etwas mehr El. durch jeden Querschnitt des breiten Leiters in derselben Zeit ging, als durch jeden Querschnitt des schmälern, so konnte doch jene nicht aus einer so großen gemeinsamen Nähe auf die Nadel wirken, als diese, deren ganze Intensität mehr zusammengedrängt war. Ganz ähnliche Beobachtungen hat de la Rive über die schwächende Wirkung der Breite gemacht*. Hieran schließt sich eine andre merkwürdige Beobachtung an, auf die wir zurückkommen werden, wenn von den physiologischen Wirkungen der Kette die Rede seyn wird.

Wenn man die Pole einer Säule oder deren Verlängerungen mit befeuchteten Händen faßt, so erhält man erwärmtermaßen in jeder Hand das Gefühl eines Schlags. Vergrößert man die Berührungsfläche auf der einen Seite gegen die auf der andern, so nimmt in demselben Maße die Stärke des Schlags auf dieser Seite ab, während sie auf der andern zunimmt. In der That muß mit Vergrößerung der Berührungsfläche die Intensität des Stroms nach unserm Gesetze sich an dieser Stelle schwächen, weil er sich zwischen mehr Punkte zu verbreiten hat, dagegen an der Seite, wo die Berührungsfläche nicht vergrößert wird, zunehmen, weil, wie wir finden werden, die Stärke des Stroms im Allgemeinen durch Vergrößerung der Berührungsoberfläche der feuchten mit den festen Leitern zunimmt, obwohl in geringerm Verhältnisse, als die Vergrößerung.

Ganz auf dasselbe Prinzip läßt sich der Umstand beziehen, daß eine Kette nur dann vermag, einen Draht ins Glühen zu bringen, wenn dieser Draht dünn genug genommen wird, ungeachtet die allgemeine Wirksamkeit der Kette durch die Dünne der schließenden Drähte stets geschwächt wird. Dies geht so weit, daß man mit fast beliebig schwachen Ketten einen Draht ins Glühen zu versetzen ver-

* Bull. univ. des sc. math. V. 192.

mag, wofern nur dessen Dicke entsprechend vermindert und dadurch eine größere Concentration des Stroms in ihnen herbeigeführt wird. (Wollastons Fingerhutapparat).

Wir sind auch im Besitz einiger Erfahrungen, welche lehren, daß die Wirkung, die ein, in seiner ganzen Länge homogener, Leiter an den verschiedenen Stellen seiner Länge äußert, überall gleich ist, und nicht etwa stärker nach den Polen der Säule zu.

So stellte Barlow * Versuche mit einer Drahtlänge von 838 Fuß an, und fand, wenn er eine Magnetnadel gerade unter die Mitte des langen schließenden Drahts stellte, während zwei andre ganz nahe am positiven und negativen Ende des Elektrometers standen, daß sie hier, so wie an allen andern Stellen des Drahts durchaus ganz gleiche Ablenkung zeigten. Versuche, welche zu einem gleichen Resultate führen, haben Becquerel ** ebenfalls mit Draht, und de la Rive *** mit einer Platte angestellt.

Es würde sehr wichtig seyn, diese Gleichheit der Stromgröße in allen Querschnitten der Kette auch zwischen den festen und flüssigen Theilen derselben nachzuweisen. Ein einziger Versuch (von Grotthuß) ist vorhanden, welcher zeigt, daß in der That die flüssigen Leiter auch eine Ablenkung der Magnetnadel hervorzubringen vermögen; denn er bewirkte eine solche durch einen genäßten, in der Kette befindlichen, Bindfaden. Allein wir haben noch keine Versuche zum Beweise, daß eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre die Nadel in gleichem Grade ablenkt, als ein in derselben Kette befindlicher Draht, wenn die Nadel in gleiche Abstände von der Axe der Röhre und vom Draht gebracht wird. Nur mit kräftigen Säulen würde sich ein Versuch hierüber anstellen lassen, weil man hier der Hülfe des Multiplicators entbehren muß und weil die Röhre ziemlich dünn genommen werden muß, um die Nadel nicht in zu große Entfernung von ihrer Axe zu bringen; das Einbringen einer dünnen Flüssigkeitssäule in die Kette aber deren Wirkung beeinträchtigt †.

---

* Schweigg. J. XLIV. 367.

** Ann. de Ch. et de Phys. XXXII. 420.

*** Recherches sur le mode distribution etc. §. 2.

† Ich selbst habe diesen Versuch auf folgende Weise anzustellen gesucht: Eine nach Art einer Spritze eingerichtete Röhre, mit silberner Bodenplatte, die mit einem Loch zum Einziehen der Flüssigkeit versehen war, und mit einem Stempel, dessen in die Röhre tretende Fläche ebenfalls von Silber, und dessen Stiel ein dicker in die Verlängerung der Axe der Röhre fallender Messingdraht war, wurde mit verdünnter Säure gefüllt, mittelst beweglicher, einerseits an die Bodenplatte, andererseits an den Stiel des Stempels gefügter, Drähte in die Kette einer Säule von 80 Paaren gebracht, die mit starker Flüssigkeit geschichtet war. Ueber der auf einer Tafel liegenden Röhre war mittelst einer geeigneten Vorrichtung eine Magnetnadel schwebend angebracht, so daß ihre Richtung senkrecht auf die Röhre war. Solchergestalt ließ sich durch Fortschieben der Röhre nach der Verlängerung ihrer Axe, anstatt ihrer der Draht, welcher den Stiel des Stempels bildete, unter die Nadel bringen, und ich hoffte so ein Mittel zu erhalten, durch die Methode der Oscillationen die Kraft, mit welcher die Röhre, und mit welcher der in die Ver-

Wie dem auch sey, so nehmen wir für jetzt als wenigstens sehr wahrscheinlich an, daß die Größe des Stroms in jedem auf seine Richtung senkrechten Durchschnitt der Kette gleich sey, und daß sich demzufolge die Intensität des Stroms umgekehrt wie die Größe dieser Querschnitte verhalte; oder mit andern Worten, daß durch jeden Querschnitt der Kette in gleicher Zeit gleich viel Elektricität hindurchgehe, die sich nach Maßgabe der Größe dieser Querschnitte darin ausbreitet oder concentrirt, so daß ihre Dichtigkeit stets im umgekehrten Verhältniß derselben stehe *.

Da wir bemerken, daß die Größe des Stroms bei Anwendung **derselben** erregenden Metalle zur Kette doch sehr verschieden ausfällt, je nach der verschiedenen Beschaffenheit der schließenden Leiter, so müssen wir annehmen, daß außer der elektromotorischen Kraft welche um so mehr Elektricität in gleicher Zeit zur Strömung bewegen wird, je stärker sie ist, auch die Beschaffenheit der Leitung in der Kette die Kraft der Strömung modificirt. Da sich nun nie zeigt, daß eine Verlängerung in der Strecke der vom Strom zu durchlaufenden flüssigen oder festen Leiter oder die Einschiebung eines solchen Leiters in die Kette eine Verstärkung, sondern stets nur eine mehr oder weniger bedeutende **Schwächung** in der Kraft des Stroms hervorzubringen vermag, — ein Umstand, für den wir sofort besondere Versuche anführen werden — so deutet dies an, daß diese Leiter nicht sowohl ein positives Vermögen besitzen, den Strom fortzuführen, als daß sie vielmehr dem Strom einen **Widerstand** ent-

---

längerung ihrer Art fassende Drahte auf die Nadel wirken, zu vergleichen. Allein die Säule war wider mein Erwarten nicht stark genug, überhaupt eine bemerkliche Wirkung auf die Nadel hervorzubringen, denn weder der Draht noch die Röhre bewirkten eine bemerkliche Verschiebung des [illegible]. Ich habe selbst geglaubt, daß es nicht anders seyn würde, [illegible], da es bei stärkeren Säulen anfänglich ein Resultat geben müsse. Möglich ist es, daß der Fehlschlag meiner Versuche daran gelegen, daß die Röhre von beiden Seiten mit Silber geschlossen war, welches, wie mich spätere Versuche lehrten, durch die Ladung, die es annimmt, die Kraft der Säule in ausnehmendem Grade schwächt. Zweckmäßiger würde es daher seyn, statt die Verschlußplatte der Röhre von Silber zu nehmen, und diese mit dem negativen Pol der Säule durch einen Draht in Verbindung zu setzen, die Stempelfläche aber mit Zink zu belegen, welches durch den Stiel des Stempels und einen angelegten Draht mit dem positiven Pol in Verbindung käme. Sobald mir Zeit dazu wird, werde ich nicht unterlassen, den Versuch auf diese Art anzustellen.

* Ich bemerke hier ein für allemal, daß ich unter **Größe** des Stroms stets die Gesammtquantität Elektricität, welche durch einen Durchschnitt der Kette oder eines Theils der Kette hindurchgeht, verstehen werde, unter **Intensität**, die relative Dichtigkeit, die sie dabei erlangt. Beide Ausdrücke sind demnach nicht zu verwechseln. Will man die Ausdrücke Quantität und Dichtigkeit der El. hierbei ganz vermeiden, so kann man auch die **Größe** des Stroms als die Gesammtkraft erklären, mit welcher ein Durchschnitt der Kette wirkt, die **Intensität** als die relative Kraft, mit welcher jeder einzelne Punct des Durchschnitts wirkt. Letztere abstracte Erklärung ist in sofern vorzuziehen, als sie gar keine Hypothese über die materielle Beschaffenheit des elektrischen Grundprincips voraussetzt; erstere möchte jedoch der Vorstellung einen leichtern Anhalt gewähren.

gegenſetzen, welcher ſeine Kraft ſchwächt, einen Widerſtand, der aber bei verſchiednen Körpern verſchieden iſt. Dieſer Vorſtellung zufolge, die wir im Künftigen immer zu Grunde legen werden, da ſie uns weit ſicherer im Einzelnen der Erſcheinungen leiten wird, als die gewöhnliche Vorſtellung eines Leitungsvermögens der Körper, wird ein Körper von beſſerm Leitungsvermögen für uns überhaupt nur ein ſolcher ſeyn, der dem Strome einen geringern Widerſtand entgegenſetzt, als ein anderer, und in dieſem Sinne wird man das Wort Leitungsvermögen ſtets zu nehmen haben, wo wir uns deſſelben überhaupt noch bedienen.

Hienach ſind es die beiden Umſtände, die elektrometoriſche Kraft und der Leitungszuſtand der Kette, welche gemeinſchaftlich ihre Kraft oder die Größe ihres Stroms beſtimmen, und man muß ſich wohl hüten, erſtere, die elektrometoriſche Kraft, mit der Kraft der Kette ſchlechthin für identiſch zu halten, da ſie vielmehr nur als ein Element in dieſelbe eingeht. Auf allgemeine Weiſe läßt ſich der Einfluß der vorigen Umſtände leicht mittelſt des Multiplicators darthun, äußert ſich jedoch eben ſo hinſichtlich aller andern Wirkungen der Kette, die man in dieſem Bezug prüfen mag.

Vergleicht man z. B. eine Kette aus Zink und Kupfer mit einer andern aus Zink und Zinn oder Zinn und Kupfer, die mit ihr in allen Stücken völlig gleich conſtruirt iſt, indem man mittelſt der Methode der Oscillationen, die wir aus einander geſetzt haben, die Kraft des Stroms vom erſten Anfange der Schließung an mißt, ſo findet man dieſe Kraft ſtets bedeutend größer bei der erſten Kette, als bei einer von beiden letztern Ketten; zum Zeichen, daß der größere elektrometoriſche Abſtand der Metalle von einander die Wirkſamkeit der Kette erhöht. Mit Bedacht geben wir als Erfordernis an, bei dieſer Vergleichung die Kraft des Stroms beim erſten Anfange der Schließung zu meſſen, denn wir werden ſpäter Erſcheinungen kennen lernen, zufolge deren ſich der elektrometoriſche Abſtand oder die elektrometoriſche Kraft der Metalle im Laufe des Geſchloſſenſeyns ändert, während zugleich chemiſche Aenderungen auf der Metallplatte vor ſich gehen. Eben ſo hat man gefunden, daß die Kraft, Waſſer zu zerſetzen und Schläge zu ertheilen, den Säulen in um ſo höherm Grade zukommt, je weiter die Metalle, aus denen ſie beſtehen, in der galvaniſchen Spannungsreihe von einander abſtehen, d. h. je größer ihre elektrometoriſche Kraft iſt.

Was andererſeits den Widerſtand anlangt, den die Theile der Kette dem Strom entgegenſetzen, ſo läßt er ſich in Bezug auf die feſten Leiter leicht mittelſt folgender Anordnung nachweiſen.

Im Troge A (Taf. VIII. Fig. 29) ſind die beiden Elektromotorplatten K und Z enthalten. Von ihnen gehen angelöthete Drähte in die mit Queckſilber gefüllten Gefäße a und b über. Das Gefäß b wird durch einen Draht l mit einem dritten, ebenfalls mit Queck-

silber gefüllten, Gefäße c verbunden, und andererseits stehen die Gefäße a und c unter sich durch den Draht des Multiplicators, der im Schema durch M vorgestellt ist, in Verbindung. Der Strom wird dann, wenn Z die Zinkplatte ist, von ihr aus durch die Flüssigkeit des Gefäßes zur Kupferplatte, von da in das Gefäß a durch den Multiplicator M successiv durch c und b nach Z zurückgelangen und so den Kreis vollenden. Hat man nun die Kette auf einen gleichmäßigen Zustand ihrer Wirksamkeit kommen lassen, und ihre Kraft durch die Methode der Oscillationen gemessen, und man vertauscht nun den kurzen Draht l, durch den die Gefäße b und c verbunden werden, mit einem bedeutend längern Draht, z. B. einem Wulst übersponnenen Drahts, (wie man ihn zur Construction des Multiplicators anzuwenden pflegt), dessen freie Enden man in die Gefäße eintaucht, so wird man durch die größere Langsamkeit der Oscillationen sogleich eine Abnahme der Kraft des Stroms bemerklich werden sehen, und umgekehrt eine Zunahme, wenn man anstatt eines längern Zwischendrahts einen kürzern einbringt. Eben so wird man die Wirkung mit der Tiefe der Drähte, die der Strom zu durchlaufen findet, zunehmen, mit ihrer Dünne abnehmen sehen, und endlich werden Drähte von verschiedenen Metallen ebenfalls Unterschiede in dieser Hinsicht hervorbringen, indem z. B. die Kraft bei silbernen und kupfernen Leitungsdrähten stärker seyn wird, als bei eisernen von gleichen Dimensionen.

Man kann diese Umstände auch für die ersten Perioden der Wirksamkeit einer Kette bestätigt finden, indem man die Kraft für die verschiedenen Zwischenleiter gleich nach der Schließung mißt, doch so, daß man vor jeder neuen Schließung die Platten reinigt.

Diese durch die verschiedenen Dimensionen und Materie der Zwischendrähte hervorgebrachten Unterschiede in der Kraft des Stroms werden jedenfalls um so merklicher auffallen, je größer die Elektrometerplatten und je besser leitend die Flüssigkeit zwischen ihnen ist, wovon der Grund in der Folge erhellen wird.

Es erhellt aus den angegebnen Erfahrungen, daß der Leitungswiderstand, den die Metalle in der Kette dem Strom entgegensetzen, mit ihrer Länge und Dünne zunimmt, und zugleich von ihrer Materie abhängt, ja, wie wir später erfahren werden, auch von ihrer Temperatur. Das genaue Verhältniß der Vermehrung des Leitungswiderstandes durch diese Umstände werden wir später angeben.

Den Widerstand des flüssigen Leiters in der Kette anlangend, so findet man eben so, daß er theils von den Dimensionen, theils von der Materie und Temperatur derselben abhängig ist. In erster Hinsicht hat man nur nöthig, die Kette bei verschiedenen Abständen der Elektrometerplatten von einander in der Flüssigkeit zu schließen, um zu finden, daß, je größer die vom Strom zu durchlaufende Strecke der letztern wird, um so mehr schwächt sich die Wirksamkeit. Dagegen sieht man die Wirksamkeit in dem Maße

zunehmen, als man der Flüſſigkeit mehr Berührungspuncte mit den Elektrometerplatten, z. B. durch tieferes Eintauchen derſelben, gewähret, ſo daß die vom Strom zu durchlaufende Strecke derſelben einen größern Querſchnitt erhält. Endlich beobachtet man, daß die Wirkung ſchwach bei deſtillirtem- oder ſelbſt Brunnenwaſſer iſt, aber in dem Maße zunimmt, als man Säuren, Alkalien oder überhaupt Subſtanzen, welche den chemiſchen Prozeß zwiſchen Metall und Flüſſigkeit verſtärken, in letztre hinzufügt; endlich verſtärkt ſie ſich mit Erwärmung der Flüſſigkeit.

Wir merken hiebei an, daß man denjenigen Theil der Oberfläche der Elektrometerplatten, welcher mit der Leitungsflüſſigkeit in Berührung iſt, mit dem Namen der erregenden Oberfläche zu belegen pflegt, eines Ausdrucks, deſſen auch wir uns der Kürze halber bedienen wollen, ohne deßhalb die Anſicht zuzugeſtehen, auf die er ſich eigentlich ſtützt.

Mehrere nämlich, in Betracht des außerordentlichen Einfluſſes, den die Größe der Oberfläche, in welcher die Flüſſigkeit mit den erregenden Platten in Berührung kommt, auf die Größe des Stroms hat, nahmen an, daß der eigentliche Sitz der Erregung der El. in der Kette nicht ſowohl in der Berührung der Metalle unter einander, als in ihrer Berührung mit der Flüſſigkeit zu ſuchen ſey. Wir werden indeß im 21ſten Capitel ſehen, wie wenig ſich dieſe Vorſtellung mit den Erfahrungen vereinigen läßt, dagegen alles dafür ſtimmt, daß die Vergrößerung dieſer Oberfläche nur durch Verminderung des Leitungswiderſtandes in der Kette, oder dadurch wirkt, daß der Strom durch eine größere Berührungsfläche des Metalls mit der Flüſſigkeit einen leichtern Weg findet, als durch eine kleinere. Der Verfolg ſelbſt wird dieſe Anſicht immer mehr rechtfertigen.

Es iſt ein ſehr bemerkenswerther Umſtand, daß alle vorgenannten Umſtände, von welchen der Leitungswiderſtand in galvaniſchen Ketten abhängt, keineswegs unter allen Verhältniſſen in gleichem Maße zur Schwächung derſelben wirken. So kann derſelbe Zwiſchendraht, wenn er in die eine Kette eingebracht wird, deren Wirkſamkeit um ein Vielfaches ſchwächen, während er in eine andere Kette gebracht, blos eine auch durch das empfindlichſte Maß nicht mehr wahrnehmbare Schwächung derſelben hervorbringt. Eben ſo wird in manchen Ketten der vergrößerte Abſtand der Elektrometerplatten einen ſehr bedeutenden, in andern bis zu gewiſſen Graden gar keinen merklichen Einfluß auf die Schwächung der Kette äußern; und daſſelbe gilt von allen übrigen obengenannten Umſtänden.

Es giebt jedoch einen ganz allgemeinen Geſichtspunct, unter welchem ſich alle dieſe verſchiedenen Fälle vereinigen laſſen, einen Geſichtspunct, auf den zuerſt Ohm hingewieſen hat, und welcher ſich auf die durchgreifendſte Weiſe in der Erfahrung beſtätigt. Dieſen Geſichtspunct ſprechen wir in folgendem dritten Geſetze aus:

a) der Leitungswiderſtand irgend eines Theils der Kette verliert um ſo mehr an Einfluß zur Schwächung der Kette, je kleiner er im Verhältniß zum Leitungswiderſtande des übrigen Theils der Kette iſt, oder je mehr er im Verhältniß dagegen verſchwindet.

b) Umgekehrt trägt Verminderung des Leitungswiderſtandes irgend eines Theils der Kette, oder, was daſſelbe iſt, Erhöhung ſeines Leitungsvermögens in einem beſtimmten Verhältniſſe um ſo mehr zur Verſtärkung der Kraft der Kette bei, je größer dieſer Leitungswiderſtand im Verhältniß zum Leitungswiderſtande der übrigen Theile der Kette iſt.

Man kann beide Sätze auch in einem einzigen, zugleich den Einfluß der elektromotoriſchen Kraft umfaſſenden, Geſetze folgendermaßen ausſprechen:

c) Die Kraft der Kette iſt der geſammten elektromotoriſchen Kraft, die in ihr wirkſam iſt *, direct, dem Leitungswiderſtande aller ihrer Theile zuſammengenommen aber umgekehrt proportional, oder verhält ſich wie die in der Kette wirkſame elektromotoriſche Kraft, dividirt durch den Geſammtleitungswiderſtand aller Theile der Kette **.

In der That erhellt, daß die erſten beiden Sätze a) und b) blos unmittelbare Folgerungen des letztern c) ſind; inſofern nach dieſem die Schwächung in keinem Fall dem Widerſtande irgend eines einzelnen Theils, ſondern aller Theile zuſammen proportional iſt, mithin das Verhältniß, in dem ein einzelner Theil zur Schwächung beiträgt, um ſo kleiner ausfallen muß, je kleiner das Verhältniß ſeines Widerſtandes zum Geſammtwiderſtande iſt.

Die Bewährung dieſes Geſetzes in der Erfahrung kann nur durch Bewährung ſeiner einzelnen Folgerungen geſchehen; zu der ich mich daher jetzt wende.

Zuvörderſt läßt ſich als Folgerung daraus ableiten, daß, wenn man den Leitungswiderſtand irgend eines auch noch ſo kleinen Theils der Kette immer mehr vermehrt, oder mit andern Worten, ihn immer ſchlechter leitend nimmt, dadurch zuletzt eine Gränze erreicht

---

* D. i. der einer einfachen Kette der elektromotoriſchen Kraft der Metalle oder ihrer Spannung im ungeſchloſſenen Zuſtand, bei der zuſammengeſetzten Kette oder Säule der Summe aller Spannungen der einzelnen Plattenpaare.

** Es heiße die Kraft des Stroms K, die in der Kette wirkſame elektromotoriſche Geſammtkraft A, der Geſammtleitungswiderſtand L, ſo iſt nach obigem $K = \frac{A}{L}$, eine Formel, die verſchiedene Entwickelungen zuläßt, die wir im achtzehnten Capitel geben werden.

werden muß, wo die Wirkung der Kette ſo gut wie null wird, weil durch Vergrößerung des Leitungswiderſtandes eines beliebigen Theils der Kette ins Unbeſtimmte zugleich der Geſammt-Leitungswiderſtand * oder Diviſor der Kraft ins Unbeſtimmte zunimmt; wie man denn wirklich findet, daß, wenn man einem auch noch ſo kleinen metalliſchen Theil der Kette eine Schicht eines möglichſt guten Nichtleiters ſubſtituirt, oder einen ſolchen irgendwo einſchiebt, die Wirkung der ganzen Kette unterbrochen wird.

Indeß hat man es in ſeiner Gewalt, ſelbſt einen ſehr ſtarken Widerſtand, wie ihn Körper, welche von uns für Nichtleiter gehalten werden, äußern, dadurch zu compenſiren, daß man zugleich die geſammte elektromotoriſche Kraft, welche in der Kette wirkſam iſt, erhöht, weil ſo mit dem Diviſor zugleich der Dividend der Kraft des Stroms zunimmt, und dies erreicht man dadurch, daß man die Kette aus einer großen Anzahl Plattenpaare, deren elektromotoriſche Kräfte ſich dann zur Summe zuſammenſetzen, bildet. In der That hat Davy mittelſt einer Säule aus 2000 Plattenpaaren den elektriſchen Kreislauf ſelbſt durch eine Luftſchicht hindurch eingeleitet.

Ueberhaupt wird man dieſem Geſetze zufolge in allen Fällen, wo es darauf ankommt, den Strom auf ſchlechtleitende Körper einwirken zu laſſen, die Zahl der Plattenpaare möglichſt zu vervielfältigen haben, um durch den Zuwachs der Summe der elektromotoriſchen Kräfte den größern Leitungswiderſtand zu compenſiren; dagegen man ſich hier ſehr betrogen ſehen würde, wenn man bei Anwendung der einfachen Kette durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit denſelben Zweck zu erlangen hoffte. In der That erhellt, daß man hiedurch nichts anderes erreichen würde, als den Leitungswiderſtand in der Flüſſigkeit zu mindern oder ſelbſt zum Verſchwinden zu bringen, was um ſo weniger merklichen Vortheil gewähren kann, je mehr dieſer Widerſtand ſchon vorher gegen den Widerſtand der übrigen in der Kette befindlichen Theile verſchwand.

Dagegen wird Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit in allen den Fällen vom augenſcheinlichſten Vortheil ſeyn, wo der Widerſtand der übrigen Leiter gegen den Widerſtand in der Flüſſigkeit nicht ſehr in Betracht kommt, wenn z. B. die Kette durch einen kurzen und nicht zu dünnen Metalldraht, ohne Zwiſcheneinbringung eines Körpers von ſchlechter Leitung, geſchloſſen iſt; denn wird dann der Widerſtand in der Flüſſigkeit z. B. auf die Hälfte herabgebracht, ſo wird, da der Geſammtwiderſtand faſt von ihm allein abhängt, die Kraft ziemlich

* Ich erinnere einmal für allemal, daß ich unter Geſammtleitungswiderſtand den Widerſtand verſtehe, den alle Theile der Kette zuſammengenommen äußern, d. h. die Summe der Widerſtände der einzelnen Theile der Kette.

auf das Doppelte ſteigen müſſen, wie man leicht an folgendem Beiſpiele überſehen wird.

Geſetzt der Leitungswiderſtand der metalliſchen Theile in der Kette verhalte ſich zum Leitungswiderſtande in der Flüſſigkeit * wie 1 : 100 **, ſo wird, wenn wir die elektrometeriſche Kraft der Kette = 1 ſetzen, die Kraft des Stroms proportional ſeyn der Zahl $\frac{1}{101}$, proportional nämlich der elektrometoriſchen Kraft, dividirt durch den Geſammtleitungswiderſtand. Verdoppeln wir nun das Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit entweder durch Vergrößerung ihres Querſchnitts mittelſt Vergrößerung der erregenden Oberfläche oder durch Hinzufügung von Säuren oder Salzen, ſo wird hiedurch ihr Widerſtand 100 auf 50 reducirt, während der Widerſtand 1 der metalliſchen Theile derſelbe bleibt, mithin iſt die Kraft des Stroms jetzt $= \frac{1}{51}$, welches faſt die Hälfte von $\frac{1}{101}$ iſt. Verhielte ſich aber umgekehrt der Widerſtand in der Flüſſigkeit zum Widerſtande der feſten Theile der Kette wie 1 : 100, ſo würde man durch Verdoppelung ihres Leitungsvermögens blos den Theil 1 auf die Hälfte herabbringen, während 100 unverändert bliebe, und die Kraft würde jetzt ſeyn $\frac{1}{100\frac{1}{2}}$, welches nur ſehr wenig größer als $\frac{1}{101}$ iſt; ja wie groß man auch die erregende Oberfläche und wie ſtark man die Leitungsflüſſigkeit nehmen wolle, die Größe der möglicherweiſe hiedurch zu erreichenden Wirkung würde nicht über $\frac{1}{100}$ ſteigen können, bis dahin nämlich, wo der Leitungswiderſtand in der Flüſſigkeit verſchwindet. Wir werden ſpäter Verſuche anführen, welche dem hier Geſagten zum ſpeciellen Belege dienen.

Im Allgemeinen ſieht man, daß die Anwendung der einfachen Kette oder weniger Plattenpaare von großer Oberfläche und mit guter Leitungsflüſſigkeit gerade unter den entgegengeſetzten Umſtänden, von Vortheil ſeyn muß, als die Anwendung kleinerer aber vieler Plattenpaare mit mäßig ſtarker Leitungsflüſſigkeit; jene nämlich, wenn der Strom auf gute, dieſe, wenn er auf ſchlechte Zwiſchenleiter wirken ſoll.

Hierin nun iſt der Schlüſſel zu vielen Verhältniſſen der galvaniſchen Kette gefunden, über die man ſich früher ſehr unbeſtimmte

---

* Der Grund, warum ich Widerſtand in der Flüſſigkeit, ſtatt Widerſtand der Flüſſigkeit ſage, wird nachher angegeben werden.

** Wir werden ſpäter die Mittel zur Meſſung des Leitungswiderſtandes der verſchiedenen Theile angeben. Hier genüge es, irgend ein Verhältniß als Beiſpiel zu Grunde zu legen. Uebrigens muß man ſich ſowohl den Leitungswiderſtand als die elektrometeriſche Kraft auf eine willkührlich gewählte Einheit ihrer Art bezogen denken.

und ungenügende Vorſtellungen machte. Es erhellt daraus, warum der menſchliche Körper, wenn er als Glied in die Kette tritt, eine Säule von vielen Plattenpaaren verlangt, um eine merkliche Wirkung zu erfahren, weil er ſonſt durch ſeinen großen Leitungswiderſtand die Kraft der Kette zu ſtark ſchwächen würde; warum aber Vergrößerung der Plattenpaare bis zu einer gewiſſen Gränze zu dieſer Wirkung faſt nichts Merkliches beiträgt; weil hiedurch der Geſammtwiderſtand der Kette, zu dem der menſchliche Körper den größten Theil hergiebt, in einem zu kleinen Verhältniß verringert werden würde. Es erhellt ferner daraus, warum die Glüh- und Hitzewirkungen der Kette im Allgemeinen ſo ſehr durch ſtarke Leitungsflüſſigkeit und große erregende Oberflächen zunehmen; weil hier immer nur verhältnißmäßig nicht zu lange Metalldrähte, welche eben jene Wirkungen erfahren ſollen, die Kette ſchließen; warum auch beim Multiplicatordraht, wofern er nur nicht zu lang iſt, Vergrößerung der erregenden Oberfläche und Verſtärkung der Flüſſigkeit verhältnißmäßig mehr zur Wirkung beiträgt, als Vervielfältigung der Plattenpaare, weil ſich ſelbſt ein ziemlich langer Draht immer noch als ein verhältnißmäßig guter Leiter anſehen läßt.

Eine mit den vorigen einzelnen Folgerungen zuſammenhängende allgemeine Folgerung des obigen Geſetzes iſt, daß man nicht eben ſo, wie man durch Vermehrung des Leitungswiderſtandes auch des kleinſten Theils der Kette die Kraft der ganzen Kette ins Unbeſtimmte ſchwächen kann, daß man nicht eben ſo, ſage ich, durch Verminderung des Leitungswiderſtandes eines einzelnen Theils der Kette ihre Kraft ins Unbeſtimmte erhöhen kann; vielmehr wird man dabei ſtets auf eine Gränze kommen müſſen, über die hinaus eine weitere Verringerung des Leitungswiderſtandes dieſes Theils keinen Einfluß mehr auf die Zunahme der Wirkſamkeit der Kette hat.

In der That, iſt einmal der Leitungswiderſtand eines gewiſſen Theils der Kette ſo weit verringert, daß er gegen den Leitungswiderſtand der übrigen Theile nicht mehr in Betracht kommt, ſo wird man ihn dann noch ſo weit ferner verringern können, ohne daß dadurch der Geſammtwiderſtand weiter eine merkliche Verringerung erfährt.

Auch dieſe Folgerung werden wir im Folgenden durchaus beſtätigt finden; und es erklärt ſich u. a. daraus, warum die Wirkſamkeit einer Kette nicht merklich zunimmt, wenn man an verſchiedenen Stellen ihrer metalliſchen Verbindungsdrähte den Querſchnitt durch Anſatz metalliſcher Platten noch ſo ſehr vergrößert, ungeachtet der Leitungswiderſtand der metalliſchen Leiter mit ihrem Querſchnitt abnimmt.

In der That kann man durch ſolche Anſätze blos den Leitungswiderſtand der kleinen Drahtlänge, an welche die Platten angefügt werden, vernichten, der aber gegen den Geſammtwiderſtand der übrigen ſchließenden Leiter ohnehin in der Regel nicht in Betracht kommen kann; dagegen allerdings der Strom eine merkliche Wir-

lungsverſtärkung erfahren kann, wenn man den Querſchnitt der Leiter in ihrer ganzen oder einem größern Theil ihrer Länge vergrößert.

Wir werden ſpäter Verſuche anführen, zufolge deren auch eine Vergrößerung der erregenden Oberfläche oder Verſtärkung der Leitungsflüſſigkeit die Wirkſamkeit der Kette nicht bis über ein gewiſſes Maximum erhöhen kann, welches um ſo eher erreicht wird, und ſeinem Werthe nach um ſo kleiner ausfällt, je größer der Widerſtand der metalliſchen Leiter in der Kette iſt.

Das eben angeführte Geſetz giebt auch den vollgültigen Erklärungsgrund von dem Unterſchiede, der in der Wirkungsart thermoelektriſcher und hydroelektriſcher Ketten Statt findet.

Wir werden im zwanzigſten Capitel erfahren, daß der Leitungswiderſtand bei gleichen Dimenſionen der flüſſigen Leiter mit den metalliſchen doch ohne allen Vergleich größer in erſtern als in letztern iſt. Wir ſehen aber, daß eine thermoelektriſche Kette, ungeachtet ſie aus zuſammenhängenden feſten Leitern beſteht, doch im Allgemeinen keine ſtärkere Wirkung auf die Magnetnadel hervorbringt, als eine hydroelektriſche, wiewohl in letzterer der Strom vermöge Gegenwart des flüſſigen Leiters, den er zu durchlaufen findet, einen ohne Vergleich ſtärkern Widerſtand erfährt. Dieſer Umſtand wird durch eine Annahme erklärlich, welche auch mit allen übrigen erfahrungsmäßigen Umſtänden thermoelektriſcher Ketten ſehr wohl übereinſtimmt, daß nämlich in der thermoelektriſchen Kette die elektromotoriſche Kraft, welche den Strom bedingt, ohne Vergleich ſchwächer als in der hydroelektriſchen iſt; ſo daß dieſe Schwäche den Vortheil des geringern Widerſtandes, den die rein metalliſche thermoelektriſche Kette vor der hydroelektriſchen voraus hat, compenſirt *.

Geſetzt nun, wir wollten in eine hydroelektriſche Kette und eine thermoelektriſche, die vermöge dieſer Compenſation beide von gleicher Wirkſamkeit wären, denſelben flüſſigen oder metalliſchen Zwiſchenkörper hineinbringen, um den Strom darauf wirken zu laſſen, ſo erhellt, daß durch Hinzufügung dieſer gleichen Größe von Leitungswiderſtand zu beiden Ketten der vorher geringe Geſammtleitungswiderſtand in der thermoelektriſchen Kette vertauſendfacht werden kann, während der ohne Vergleich größere in der hydroelektriſchen vielleicht nur verdoppelt wird, daß mithin die Wirkung in jener Kette dadurch ſo gut als auf Null herabkommen kann, während ſie in letzterer nur auf die Hälfte herabkommt. In der That lehrt die Erfahrung, daß die Einbringung jedes feuchten Zwiſchenkörpers in

* An ſich kann dieſe größere Schwäche nichts Unwahrſcheinliches haben, da es immer nur die Differenz der an der kalten und warmen Stelle Statt findenden elektromotoriſchen Wirkungen iſt, von denen in der thermoelektriſchen Kette der Strom abhängt; dagegen in der hydroelektriſchen die Wirkung der einen Berührungsſtelle als ganz null gelegt werden kann.

eine thermoelektriſche Kette ihre Wirkung ſo weit ſchwächt, daß ſie h. höchſtens noch durch die empfindlichſten Galvanometer bemerklich gemacht werden kann, dagegen, wenn man denſelben feuchten Leiter in eine hydroelektriſche Kette hinzufügt, die Wirkung oft wenig geſchwächt wird.

Eben ſo erhellt aus dem hier Angeführten der ſchon früher angedeutete Umſtand, daß ein Multiplicator von vielen Windungen ohne Vergleich weniger zur Verſtärkung der Wirkung bei thermoelektriſchen, als bei hydroelektriſchen Ketten beitragen kann; da der mit der Drahtlänge zunehmende Leitungswiderſtand die Kraft der thermoelektriſchen Kette ohne Vergleich mehr ſchwächen muß, als die der hydroelektriſchen.

Berückſichtigt man die hier angegebenen Umſtände, ſo wird man überhaupt alle Anomalieen, durch welche ſich die thermoelektriſchen Ketten von den hydroelektriſchen unterſcheiden, verſchwinden ſehen. Dies gezeigt zu haben, iſt ebenfalls ein Verdienſt, welches Ohm gebührt *.

Es reicht nicht hin, im Allgemeinen zu wiſſen, daß eine vergrößerte Strecke und ein verkleinerter Querſchnitt der flüſſigen und feſten Leiter in der Kette den Geſammtwiderſtand vermehren, man muß auch das Geſetz kennen, nach welchem der beſondere Widerſtand eines jeden dieſer Theile mit ſeiner Länge und Dünne zunimmt, um hienach das Verhältniß beſtimmen zu können, nach welchem er zum Geſammtwiderſtande bei allen Längen und Dicken, die man ihm geben will, beiträgt.

Es giebt zur Ausmittelung dieſes Geſetzes für die verſchiedenen Umſtände ein allgemeines Verfahren, welches wir hier andeuten wollen **.

Geſetzt man wollte beſtimmen, nach welchem Geſetze der Leitungswiderſtand der Schließungsdrähte mit ihrer Länge zunimmt, ſo beobachte man die Kraft einer auf einen gleichförmigen Zuſtand gekommenen Kette, wenn ſie blos durch den Multiplicatordraht geſchloſſen iſt. Man bringe jetzt irgend eine Drahtlänge in die Kette hinzu, deren Verhältniß zum Multiplicatordraht es nicht nöthig iſt, zu wiſſen, und beobachte, um wie viel die Kraft hiedurch ſinkt. Solchergeſtalt wird man erfahren, um wieviel der Geſammtleitungswiderſtand der Kette durch Hinzufügung der Drahtlänge zugenommen hat ***: denn bei gleichbleibender elektromotoriſcher Kraft kann dieſes

---

* Schweigg. J. XLVI. 155.

** Ein Beiſpiel der Berechnung iſt im Anhange zu dieſem Capitel gegeben.

*** Man hat zu dieſem Zweck blos nöthig, den Divisor aufzuſuchen, durch welchen die erſte Kraft ſich in die zweite verwandelt; dann wird man in dieſem Divisor das Maß für den Geſammtleitungswiderſtand haben, der nach Hinzubringung der Drahtlänge in der Kette Statt findet, wofern man den, der erſten Kraft entſprechenden, Widerſtand, der vor dieſer Hinzubringung Statt fand, = 1 ſetzt. Um wie viel mithin dieſer Divisor größer iſt als 1, um ſo viel hat der

Sinken der Kraft blos der Vermehrung des Leitungswiderstandes zugeschrieben werden. Man merke die Größe an, welche den Zuwachs des Leitungswiderstandes ausdrückt. Man bringe jetzt eine Drahtlänge in die Kette, deren Verhältniß zur ersten man kennt, z. B. eine doppelte, dreifache oder irgend vielfache; beobachte wieder das hiedurch erfolgte Sinken der Kraft, und sehe zu, welcher neue Zuwachs des Gesammtleitungswiderstandes hiedurch angedeutet wird. Verhält sich nun dieser neue Zuwachs zu ersterem wie die hinzugebrachten Drahtlängen selbst, denen die Zuwächse entsprechen, so wird man daraus schließen können, daß der Widerstand der Leitungsdrähte wirklich im geraden Verhältnisse ihrer Länge zunimmt; wäre dagegen der zweite Zuwachs verhältnißmäßig größer oder kleiner als der erste, so würde folgen, daß der Widerstand der Drähte in größerem oder kleinerem Verhältniß als ihre Strecke zunimmt. Eben so kann man durch successive Einbringung von Drähten verschiedener Dicke in die Kette, oder durch Veränderung des Abstandes der Metallplatten von einander oder ihrer erregenden Oberflächen in bekannten Verhältnissen, das Gesetz des Einflusses dieser Aenderungen auffinden, und zugleich bestimmen, wie viel jeder dieser Theile zum Gesammtwiderstande in einer gewissen Kette beträgt.

Auf solche und andere gleichgeltende Weisen nun hat man gefunden:

1) daß der Widerstand der metallischen Leiter in der Kette im geraden Verhältniß ihrer Länge, im umgekehrten Verhältniß ihres Querdurchschnitts, und unabhängig von ihrer Oberfläche, zunimmt.

2) Geht aus eigenen Untersuchungen, die ich über diesen Gegenstand angestellt habe, hervor, daß der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit im geraden Verhältniß des Abstandes, den die Metallplatten darin von einander haben, zunimmt, und zwar nicht allein, wenn sich die Platten in einem Troge eingesetzt finden, dessen Querschnitt gerade von den Platten ausgefüllt wird, sondern auch, wenn sie in einem Troge eingesenkt sind, der viel weiter ist, als die Platten breit sind; ferner daß für den ersten Fall, wo erregende Oberfläche und Querschnitt der Flüssigkeit in gleichem Verhältnisse wachsen, dieser Widerstand genau im umgekehrten Verhältniß der erregenden Oberfläche zunimmt, in einem geringern Verhältnisse jedoch (vielleicht gar nicht *) im letztern Falle, wo bei Veränderung der erregenden Oberfläche der Querschnitt der Flüssigkeit ungeändert bleibt.

Widerstand durch Hinzufügung des Drahts angenommen, und man erhält mithin in dieser Differenz das Maß für den partiellen Widerstand des hinzugebrachten Drahts, oder seines Verhältnisses zum Widerstande der Kette, der vor seiner Hinzubringung Statt fand.

* Ich behalte mir hierüber noch Versuche vor.

Will man den Leitungswiderſtand verſchiedener Theile in der Kette mit einander vergleichen, ſo iſt es zweckmäßig, den Widerſtand, den irgend ein Theil derſelben, z. B. eine gewiſſe darin befindliche Drahtlänge äußert, als Einheit zu Grunde zu legen. Aeußert dann irgend ein beliebiger andrer Theil der Kette z. B. einen dreifachen oder vierfachen oder den halben Leitungswiderſtand als dieſe Drahtlänge, ſo wird man dann ſeinen Widerſtand durch 3, durch 4 oder durch ½ ausdrücken können, und man wird wirklich dieſen Theil mit jenem Draht von der dreifachen, vierfachen oder halben Länge (gleiche Dicke und Materie vorausgeſetzt) vertauſchen können, ohne die Kraft des Stroms zu ändern. Ohm bedient ſich deshalb für den, auf eine ſolche Einheit bezogenen, Leitungswiderſtand der Theile der Kette des Namens reducirte Länge; und die doppelte oder dreifache reducirte Länge haben, heißt mithin nichts anderes, als einen Leitungswiderſtand äußern, welcher der doppelte oder dreifache iſt von dem als Einheit geſetzten Widerſtande, den eine gewiſſe beſtimmte Länge irgend eines Theils von beſtimmter Materie, Geſtalt und Dicke äußert *, ſey es nun, daß er ſich in der Kette wirklich befinde, oder daß er einen ſolchen äußern würde, wenn man ihn in die Kette brächte.

Dem erſten Anblick nach ſcheint es, daß der ganze Widerſtand, der in der Kette vorhanden iſt, blos zuſammengeſetzt ſeyn könne aus dem Widerſtande, den 1) die darin befindlichen metalliſchen Theile, 2) die Flüſſigkeit, die zwiſchen den metalliſchen Theilen vorhanden iſt, äußern. In der That hat man früher dieſe Anſicht gehegt.

Allein es iſt hiezu noch ein dritter Widerſtand zu fügen, den wir Leitungswiderſtand des Ueberganges nennen wollen, inſofern man ſich bis auf Weiteres vorſtellen kann, daß er von einer Schwierigkeit herrühre, welche die El. bei ihrem Uebergange zwiſchen den flüſſigen und feſten Leitern findet **. Ohne die Berückſichtigung dieſes Widerſtandes würde es nicht möglich ſeyn, eine richtige Einſicht in die weſentlichſten Verhältniſſe der Kette zu erlangen.

---

* Wo es darauf ankommt, den Leitungswiderſtand in die Kette hinzugebrachter Theile zu vergleichen, iſt es zweckmäßig, als Einheit der reducirten Länge den Geſammtwiderſtand der Kette anzunehmen, der vor Hinzubringung dieſer Theile Statt findet. In der That leuchtet ein, daß man auch den Widerſtand beliebig vieler Theile der Kette zuſammengenommen als Einheit unterlegen kann, da ſich immer eine einzige Drahtlänge finden laſſen würde, die einen ihr äquivalenten Widerſtand äußerte. Jedenfalls aber muß die einmal gewählte Einheit dann für den Verfolg der nämlichen Umſtände beibehalten werden.

** Ob dieſe Vorſtellung richtig ſey und der Widerſtand des Ueberganges nicht vielmehr ganz anders zu betrachten, muß ich dahingeſtellt ſeyn laſſen, denn es ſind noch nicht hinreichende Data vorhanden, darüber zu entſcheiden. Vor der Hand kann indeß dieſe Vorſtellung zu einem Anhalt dienen, da ſie ganz gut in die Verhältniſſe der Kette hineintritt. Immer werden zuletzt die im Folgenden zu erörternden erfahrungsmäßigen Charaktere dieſes Widerſtandes das ſeyn, an was man ſich zu halten haben wird.

Am directesten scheint sich dieser Widerstand so darthun zu lassen, daß man eine Kette einmal durch einen zusammenhängenden feuchten Leiter, das andremal durch einen eben solchen Leiter, der aber durch eine oder mehrere homogene Zwischenplatten unterbrochen ist, schließt. Die Wirkung wird in letzterm Falle geringer ausfallen, als in ersterem. Gewöhnlich verfährt man hiebei auf solche Weise, daß man mehrere Kupferplatten abwechselnd mit feuchten Scheiben schichtet und diese Abwechselungen in den Kreis einer Säule oder einfachen Kette bringt; sie werden die Wirkung derselben mehr schwächen, als wenn man dieselben Kupferplatten und dieselben feuchten Scheiben in diese Kette brächte, aber so, daß alle Kupferplatten für sich und alle feuchten Scheiben für sich über einander liegen, mithin ein oft wiederholter Uebergang der Flüssigkeit zwischen Metall und feuchten Leitern vermieden wird. Man kann auch, wie de la Rive* und Marianini**, so verfahren, daß man einen Trog aus einer nichtleitenden Substanz verfertigt und diesen durch eingekittete metallene Scheidewände in mehrere Abtheilungen oder Zellen trennt, die nicht mit einander communiciren, darauf diese Zellen mit Flüssigkeit füllt und nun die Elektrometerplatten des Multiplicators oder die Polardrähte der Säule in verschiedene Zellen eintaucht, so daß 1, 2, 3 oder mehr Scheidewände dazwischen fallen. Die eine der Seitenabtheilungen muß an Länge der Summe aller übrigen gleich seyn, damit man jeden Versuch, wo Zwischenwände Statt finden, mit einem andern ohne Zwischenwände vergleichen könne, so daß in beiden die Gesammtstrecke des zu durchlaufenden flüssigen Leiters gleich sey. Oder endlich man kann die Zellen eines Troges von Porzellan oder Glas, oder verschiedene neben einander stehende Gläser mit Flüssigkeit füllen, dann die Flüssigkeit dieser Zellen oder Gläser durch Bogen aus homogenen Metallen in Verbindung setzen, so daß der Strom, um aus einer Zelle in die andre zu gelangen, jedesmal einen solchen Bogen zu durchlaufen hat.

In allen diesen Fällen sieht man die Wirkung der Kette um so mehr abnehmen, je mehr Abwechselungen homogener Metalle mit Flüssigkeit der Strom auf seinem Wege zu durchlaufen findet.

Die Versuche, welche bis jetzt mittelst dieser Apparate angestellt worden sind, würden jedoch das Vorhandenseyn des angegebenen Widerstandes deshalb noch nicht beweisen, weil sie sämmtlich nicht in der Art angestellt oder wenigstens beschrieben sind, daß man sicher seyn könnte, sie beziehen sich wirklich auf die allererste Wirkungsperiode der Kette. Wir werden in der That später erfahren, daß jede anfangs homogene Zwischenplatte in einer wirksamen Kette allmälig selbst gleichsam ein wirksames Plattenpaar wird, indem sie

* Ann. de Ch. et de Phys. XXVIII. 203.

** Saggio. p. 44.

durch gewiſſe an ihr vorgehende Veränderungen ſich in eine poſitive und negative Hälfte theilt, welche den Erregern der urſprünglichen Kette gerade entgegengeſetzt angeordnet ſind, und es bleibt kein Zweifel, daß hievon mindeſtens ein großer Theil der ſchwächenden Wirkungen der Zwiſchenplatten abhängt. Es ſtand daher noch zu unterſuchen, ob eine ſolche Schwächung auch im erſten Augenblicke der Schließung beobachtet wird; und ich habe dies in der That durch entſchiedene Erfahrungen gefunden, wenigſtens bei Brunnenwaſſer, auf welches ſich meine bisherigen Verſuche hierüber beſchränken.

Findet nun wirklich eine ſolche Schwierigkeit des Uebergangs bei in die Kette gebrachten Zwiſchenplatten Statt, ſo ſteht zu erwarten, daß ſie auch in der Berührung der Leitungsflüſſigkeit mit den Erregerplatten ſelbſt Statt haben werde; und daß dem wirklich ſo ſey, habe ich durch eine hinreichende Anzahl Verſuche nachgewieſen, die man im Detail in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen finden kann. Die Art dieſer Nachweiſung wird aus Folgendem erhellen.

Selbſt durch verhältnißmäßig grobe Verſuche läßt ſich das Vorhandenſeyn dieſes Widerſtandes in vielen Fällen kenntlich machen. In Ketten von ſchlechter Leitungsflüſſigkeit und nicht zu großen Platten pflegt der Leitungswiderſtand des Schließungsdrahts nur einen ſehr geringen Theil vom Geſammtwiderſtande zu betragen, wie man finden kann, wenn man ſucceſſiv verſchiedne, dem Multiplicator gleiche, Drahtlängen in die Kette hinzubringt, wo die Wirkung nur ſehr wenig geſchwächt wird. In dieſen Fällen nun müßte, je nachdem man die Platten in den doppelten oder dreifachen Abſtand von einander verſetzt (was mit beſondern Vorſichtsmaßregeln geſchehen muß), die Kraft der Kette merklich auf die Hälfte oder das Drittheil ſinken, wenn außer dem Leitungswiderſtande des Drahts blos der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit in der Kette vorhanden wäre, der durch jene Verſetzung der Platten verdoppelt oder verdreifacht wird. Allein man findet bei vielen ſolchen Ketten, daß ſelbſt eine viel ſtärkere Vergrößerung des Abſtandes der Platten die Wirkung nur ſehr wenig ſchwächt, ſo daß ſowohl der Leitungswiderſtand des Drahts als der Flüſſigkeit gegen einen dritten Widerſtand verſchwinden kann, der noch außerdem in der Kette vorhanden iſt.

Ich bemerke ausdrücklich, daß man dieſe Ergebniſſe *nicht blos* in den ſpätern Wirkungsperioden der Kette erhält, ſondern auch, wenn man ihre Kraft durch die erſten Oscillationen der Nadel unmittelbar nach ihrer Schließung bei verſchiedenen Abſtänden und mit verſchiedener Länge des Leitungsdrahts mißt, nachdem man vor jeder neuen Schließung die Platten friſch geſcheuert hat, oder ſelbſt wenn man zu jedem neuen Verſuche friſche Platten anwendet. Es nimmt aber dieſer Widerſtand vom Anfange des Geſchloſſenſeyns der Kette immer mehr zu, wie man finden kann, wenn man die Verſuche in verſchiedenen ſucceſſiven Wirkungsperioden wiederholt, ſo daß er in ſpätern Perioden

ein sehr großes Vielfache seines anfänglichen Werthes betragen kann, und daß alsdann sowohl der Widerstand der Flüssigkeit als des Uebergangs gegen ihn merklich verschwinden können, wenn dies auch zu Anfange der Schließung nicht der Fall war. Diese große Zunahme macht allerdings denkbar, daß, wenn man die Kette in dem ersten untheilbaren Zeitpunct beobachten könnte, wo sie geschlossen wird, dieser Widerstand noch gar nicht vorhanden seyn würde; allein schon in den ersten Secunden hat er einen namhaften Werth erlangt, und der für diese kurze Zeit constant erscheint, so daß man ihn durch übereinstimmende Messungen entdecken und schätzen kann. Ich habe meine bisherigen Versuche darüber theils in Brunnenwasser, theils in Wasser, dem $\frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{12}$ Vol. Salzsäure zugefügt war, angestellt.

Hinsichtlich der Umstände, von welchen dieser Widerstand abhängt, haben mich meine Versuche zu folgenden Ergebnissen geführt, für die man die Belege in meinen galv. Maßbestimmungen und zum Theil auch in den folgenden Capiteln finden wird. Dieser Widerstand steht genau im umgekehrten Verhältniß der erregenden Oberfläche; er ist in allen spätern Wirkungsperioden größer für das negative als das positive Metall der Kette; er nimmt ab in dem Maße, als die Flüssigkeit kräftiger chemisch auf die Platten einzuwirken vermag.

Fassen wir nun die einzelnen Theile, aus welchen der Gesammtleitungswiderstand der Kette zusammengesetzt ist, nochmals zusammen, so besteht er aus folgenden particulären Widerständen:

1) Dem Widerstande der metallischen Theile der Kette, welcher direct proportional ist der Länge derselben, umgekehrt proportional ihrem auf die Richtung des Stroms senkrechten Querschnitt, und außerdem noch abhängig von ihrer Materie und Temperatur.

2) dem eigenthümlichen Widerstande des flüssigen Leiters in der Kette, welcher proportional ist dem Abstande der Erregerplatten von einander in der Flüssigkeit, umgekehrt proportional der erregenden Oberfläche, wofern der Querschnitt der Flüssigkeit und die erregende Oberfläche in gleichen Graden wachsen;

3) dem Leitungswiderstande des Ueberganges *, welcher unabhängig ist von den Dimensionen der schließenden Leiter, aber im geraden Verhältniß des chemischen Effects, den die Erregerplatten erfahren, abzunehmen scheint, daher geringer wird durch stärkere Leitungsflüssigkeit, geringer ist zu Anfange der Schließung, wo die Platten die stärkste Einwirkung erfahren, geringer ist für die

* Ich habe diesen bei den vorigen Erörterungen unter der Benennung Widerstand in der Flüssigkeit mit dem eigenthümlichen Widerstande der Flüssigkeiten zusammen verstanden.

poſitiven Platten, die immer ſtärker von der Flüſſigkeit angegriffen werden, als die negativen, endlich im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche abnimmt, inſofern die Summe der chemiſchen Einwirkung auf die Platten im Verhältniß dieſer Oberfläche zunimmt.

Ich muß noch ſchließlich eines ſehr merkwürdigen Umſtandes gedenken, welchen man bei Meſſung des Leitungswiderſtandes einer Kette häufig beobachten wird. Wenn man ſtarke Aenderungen im Leitungswiderſtande vornimmt, ſo kommt man oft, ohne daß ſich ein bemerkbares Wogen gezeigt hätte, auf Werthe, welche aus dem Geſetze der andern Werthe gänzlich heraustreten. Geht man aber dem Verhältniß dieſer Werthe zu den andern Werthen näher durch Berechnung auf den Grund, ſo findet man, daß ihre Abweichung daher rührt, daß die elektromotoriſche Kraft und zugleich der Leitungswiderſtand des Uebergangs plötzlich genau auf ein Multiplum oder Submultiplum ihres Werthes geſtiegen oder um ein ſolches gefallen ſind, der Art jedoch, daß im Allgemeinen das Sinken der erſten mit einem Steigen des letztern verbunden iſt.

Ich geſtehe, daß ich nach meinen erſten Beobachtungen über dieſen Punct noch lange Anſtand nahm, ihn im Weſen der Kette für begründet zu halten, da ſo gar keine der bisherigen Beobachtungen eine Andeutung dafür gab. Ich habe aber ſeitdem dieſen Umſtand ſo wiederholt beobachtet, und bei Verſuchen, die ſich durch ihre übrige Uebereinſtimmung ſelbſt controlliren, daß ich ihn jetzt unbedenklich als eine ſichere Erfahrung ausſprechen kann.

Ueberdies kommen ſolche Sprünge nach Multiplis und Submultiplis noch unter andern Umſtänden vor, unter Umſtänden, die, da ſie ein Mittel aus vielen nahe zuſammenſtimmenden Beobachtungen zu ziehen geſtatteten, keine Täuſchung denkbar machten. Aus welchem Geſichtspuncte dieſe Sprünge zu betrachten ſind, iſt mir bis jetzt unerklärlich. Hinſichtlich der Nachweiſung derſelben wird man hinlängliche Data in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen nicht vermiſſen; hier glaube ich mich derſelben enthalten zu müſſen, da einzelne Beiſpiele, auf die ich mich beſchränken müßte, nichts beweiſen würden, und da ſich noch keine fruchtbare Anwendung für das Folgende davon machen läßt.

Anhang.

Berechnung eines Verſuchs, um das Geſetz zu erfahren, nach welchem der Widerſtand der Drähte mit ihrer Länge zunimmt.

Eine Kette aus Zink und Kupfer in ſalzſaurem Waſſer, nach Art der S. 170 beſchriebenen und abgebildeten angeordnet, wurde mittelſt des Multiplicatordrahts geſchloſſen, und nachdem ſie über Nacht geſchloſſen geſtanden hatte, ſo daß ein merklich gleich-

bleibender Zuſtand derſelben eingetreten war, die Kraft derſelben mittelſt der Methode der Oscillationen gemeſſen. Sie war = 2,946 (die Kraft, mit welcher die Erde auf die Doppelnadel wirkte = 1 geſetzt). Es wurde jetzt, ohne die Kette zu öffnen, ein Draht von der vierfachen Länge des Multiplicatordrahts in die Kette hinzugebracht, was dadurch geſchah, daß der kurze Zwiſchendraht l (Taf. VIII. Fig. 29), deſſen Leitungswiderſtand in Verhältniß zum Multiplicatordraht vernachläſſigt werden konnte, mit dieſem Draht von der vierfachen Länge des Multiplicators vertauſcht wurde. Die Kraft ſank hiedurch auf 2,284.

Nun verhält ſich die erſte Kraft zur zweiten wie $\frac{2,946}{1,000}$ zu $\frac{2,946}{1,309}$, wonach, da bei gleichgeſetzter elektromotoriſcher Kraft der Leitungswiderſtand ſtets dem Diviſor der Kraft proportional iſt, der = 1 geſetzte Leitungswiderſtand der Kette durch Hinzufügung der vierfachen Drahtlänge um 0,309 zugenommen hat.

Zu den vorigen Multiplicatorlängen wurden jetzt noch 6 ebenſolche Längen in die Kette gebracht und die Kraft ſank hiedurch auf 1,690, welches gleich $\frac{2,946}{1,775}$ iſt; mithin betrug die Zunahme des Leitungswiderſtandes nach Hinzufügung von 10 Drahtlängen 0,775, während ſie bei Hinzufügung der erſten 4 Drahtlängen blos 0,309 betrug. Es verhält ſich aber 0,775 zu 0,309 merklich genau wie 10 zu 4 oder wie die Drahtlängen ſelbſt, und man kann ſonach aus dieſem Verſuche ſchließen, daß der Widerſtand der Leitungsdrähte im geraden einfachen Verhältniß ihrer Länge zunimmt. Man hat zugleich durch dieſen Verſuch gefunden, den wie vielſten Theil vom Geſammtwiderſtande der Kette der einfache Multiplicatordraht, wenn er die Kette allein ſchloß, ausmachte; denn da 4 ihm gleiche Längen einen Widerſtand = 0,309 und 10 Längen = 0,775 äußerten, ſo hat man nur von erſtrer Größe das Viertheil, oder von letztrer den 10ten Theil zu nehmen, um den Widerſtand Einer Drahtlänge, welche der des Multiplicators gleich iſt, zu finden, welcher ſich hienach = 0,0773 oder = 0,0775 ergiebt. Mithin wird bei bloßer Schließung durch den Multiplicator der Widerſtand ſeines Drahts im Mittel 0,0774 und der Widerſtand der übrigen Theile der Kette 1,000 — 0,0774 d. i. 0,9226 betragen haben.

Die Data des vorigen Verſuchs ſelbſt waren folgende. Die Doppelnadel brauchte unter dem Einfluß der Erde 164 Zeittheile zu 20 Oscillationen; unter dem Einfluß der Kette, wenn ſie blos durch die einfache Multiplicatorlänge geſchloſſen war, 82 Zeittheile, nach Hinzufügung der 4fachen Länge 90,5 Zeittheile und nach Hinzufügung von noch der 6fachen Länge (alſo bei 1 + 4 + 6 Längen) 100 Zeittheile. Durch Berechnung auf die S. 149 erörterte Weiſe findet man aus dieſen Zahlen die vorhin angegebenen Kräfte.

Zur Uebung kann man noch folgenden mit einer andern Kette angeſtellten Verſuch berechnen. Kraft der Erde = 164 Zeittheile zu 20 Sec. — Vereinigte Kraft der Erde und der Kette bei Schlieſſung durch den bloſen Multiplicatordraht = 118,5 Zeittheile; bei Hinzubringung von ſechs dem Multiplicator gleichen Drahtlängen = 123; bei Hinzufügung von noch 22,5 dergleichen Längen (ſo daß alſo die 29,5fache Länge des Multiplicators jetzt die Kette ſchließt) = 134 Zeittheile. Aus den etwas verſchiedenen Werthen, welche ſich durch ſucceſſive Berechnung der drei beobachteten Werthe für den Antheil des einfachen Multiplicatordrahts am Geſammtwiderſtande ergeben, hat man das Mittel zu nehmen.

Siebenzehntes Capitel.

Von der Zertheilung des Stroms in der Kette.

Es kann der Fall eintreten, daß eine Kette ſich irgendwo in mehrere, nachher wieder zuſammenlaufende, Zweige ſpaltet, z. B. wenn die Pole einer Säule gleichzeitig durch mehrere parallele Drähte, die eine verſchiedene Länge und Dicke haben und von verſchiedener Materie ſeyn können, verbunden werden. In dieſem Fall wird ſich der Strom zwiſchen den einzelnen Zweigen theilen, und es fragt ſich, nach welchem Verhältniß?

Es gilt in dieſer Hinſicht folgendes Geſetz:

Die Größe des Stroms in den verſchiedenen Zweigen der Kette iſt reſpectiv proportional ihrem Leitungsvermögen, ſo daß z. B. ein Draht, der vermöge ſeiner Kürze, Dicke und Materie doppelt ſo gut leitet als ein anderer, auch die doppelte Quantität El. in gleicher Zeit durch jeden ſeiner Querſchnitte hindurchlaſſen wird, als ein andrer, der nur halb ſo gut, wie dieſer leitet, wenn ſie neben einander die Kette ſchließen.

Ohm hat dieſes Reſultat theils aus ſeiner allgemeinen Theorie abgeleitet *, theils durch genaue meſſende Verſuche an der thermoelektriſchen Kette in der Erfahrung nachgewieſen **, ſo daß man daſſelbe als ſicher begründet anſehen kann. Auf allgemeine Weiſe kann man ſich leicht von der Statthaftigkeit deſſelben überzeugen, indem man zwei Queckſilbergefäße, in welche Drähte von den Platten oder Polen einer Kette reichen, durch den Multiplicatordraht verbindet, und nebenbei auch noch ſucceſſiv eine Verbindung derſelben

---

* Galv. Kette. S. 70 ff.

** Schweigg. J. XLIX. 1.

durch andere Drähte von verſchiedener Länge, Dicke und Materie bewerkſtelligt. Man wird finden, daß, wenn dieſe Verbindung durch einen ganz kurzen dicken Draht geſchieht, der Multiplicator merklich gar keine Wirkung mehr anzeigt; denn da das Leitungsvermögen der Drähte im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge ſteht, ſo wird in dieſem Fall das Verhältniß der Elektricität, die durch den langen Multiplicatordraht läuft, ſehr klein werden in Verhältniß zu der, die durch den kurzen Verbindungsdraht läuft. Je länger dagegen der zweite ſchließende Draht genommen wird, um ſo weniger wird dieſe Schwächung betragen; und iſt die Kette durch einen Meßapparat, wie er S. 152 beſchrieben worden, geſchloſſen, ſo wird ſelbſt ſchon ein verhältnißmäßig kurzer dünner Draht, wenn er parallel hinzugeſchloſſen wird, nur eine ſehr geringe Schwächung bewirken, weil in jenem Apparat der Multiplicatordraht durch einen verhältnißmäßig kurzen und breiten Metallbogen erſetzt iſt.

Mit dieſen Erörterungen hängen unſtreitig die Beſtimmungen über die Art zuſammen, wie ſich der Strom in dem flüſſigen Leiter ausbreitet und vertheilt, wenn man z. B. zwei Erregerplatten einer einfachen Kette in einem weiten mit Flüſſigkeit angefüllten Troge in verſchiedene Verhältniſſe zu einander ſetzt, oder wenn man die Polardrähte einer Säule in eine Röhre oder ein Gefäß mit Flüſſigkeit leitet, ſo daß ſich ihre Spitzen darin einander gegenüberſtehen u. ſ. w.

So viel iſt gewiß, daß ſich in dieſen Fällen die Elektricität nicht blos geradlinig von einer Erregerplatte oder einem Draht zum andern fortpflanzt, ſondern ſich mehr oder weniger ausbreitet, um in Bogen zum andern Metall zu gelangen; daß aber doch die Intenſität des Stroms auf dem geradlinigen Wege am ſtärkſten iſt. Die nähern Geſetze dieſer Verbreitungsart ſind jedoch ganz unbekannt, und es ſteht in dieſer Hinſicht ſowohl für die Theorie als für Verſuche noch ein weites Feld zu bearbeiten offen.

Was über dieſen Gegenſtand bis jetzt an Erfahrungen vorhanden iſt, möchte ungefähr folgendes ſeyn:

Wenn man in das Waſſer einer hölzernen oder gläſernen Wanne von etwa 1 Fuß Länge und 2 oder 3 Zoll Breite die Drähte der zwei Pole einer Säule hineinführt, ſo zeigt ein empfindlicher Multiplicator, den man mit ſeinen, in ganz gleichförmige Platinſtreifen ausgehenden, Enden in die Flüſſigkeit eintaucht, durch die Abweichung der Magnetnadel eine Wirkung, die nur davon abhängen kann, daß ein Theil des Stroms, anſtatt in gerader Linie von einem Polardraht zum andern durch die Flüſſigkeit hindurchzugehen, durch den Multiplicatordraht einen Abweg macht. Die Wirkung durch den Multiplicator auf die Nadel iſt am ſtärkſten auf der beide Poldrähte verbindenden geraden Linie und nimmt auf dieſer Linie zu in dem Verhältniſſe, in

---

* In Bezug hierauf ſtehen auch einige Erfahrungen von Pouillet in Bd. IV. S. 200.

welchem man von der Mitte aus dem einen oder andern Polardraht ſich nähert. Die Strömung ſcheint aber auch durch die ganze übrige Flüſſigkeit ſich zu verbreiten und dieſe Verbreitung oder Zerſtreuung ſcheint um ſo größer zu ſeyn, je ſchlechter die Flüſſigkeit leitet. (Pfaff in Gehlers Wörterb. IV. 963.)

Folgender Verſuch rührt von Förſtemann her. (Kaſtn. Arch. I. 30.)

In ein Gefäß mit verdünnter Schwefelſäure wurden zwei Meſſingſtreifen, an den Enden des Multiplicatordrahts befeſtigt, eingetaucht. Zwiſchen beide Meſſingſtreifen wurde nun noch, ohne dieſelben zu berühren, ein Kupfer- und ein Zinkſtreifen eingetaucht, welche außerhalb der Flüſſigkeit in metalliſcher Berührung ſtanden, nach folgendem Schema,

wovon die beiden äußerſten Striche die Meſſingſtreifen, das mittlere umgekehrte V die ſich berührenden Erregerplatten vorſtellt. Sogleich erfolgte eine Ablenkung der Nadel des Multiplicators der Art, daß erhellte, es war negative El. vom Kupferſtreifen und poſitive El. vom Zinkſtreifen in die ihnen reſpectiv zunächſt liegenden Meſſingplatten übergegangen, um den Draht zu durchlaufen. Folglich hatte ſich bei dieſen Verſuchen keineswegs alle El. in der Flüſſigkeit zwiſchen beiden Schenkeln des erregenden Bogens ausgeglichen, ſondern ein Theil derſelben war durch die abgewandten Flächen derſelben ausgeſtralt, um ſich durch den Multiplicatordraht hindurch zu vereinigen. Der angezeigte Erfolg fand ſelbſt dann noch Statt, wenn die ſich berührenden Metalle in der Flüſſigkeit einander ſehr nahe, die Meſſingſtreifen dagegen verhältnißmäßig weit von ihnen entfernt waren, obwohl mit zunehmender Entfernung die Wirkung immer ſchwächer wurde.

Mehrere Abänderungen und Erweiterungen dieſes Verſuchs hat Pohl* angeſtellt, wovon nachſtehende die vornehmſten ſind.

Man fülle einen etwa 20 Zoll langen, 14 Zoll breiten und 4 Zoll hohen hölzernen Kaſten a b c d, Taf. VIII. Fig. 30, mit verdünnter Schwefelſäure bis zum Rande an, ſtelle in der Nähe der innern Querwand a b ein Paar Erregerplatten z und k aus Zink und Kupfer hin, und in möglichſt großer Entfernung von ihnen, neben der andern Querwand c d in beliebiger Lage ein Paar Kupferplatten k′ und z′. Letztere verbinde man durch den Draht des Multiplicators. Sind beide Kupferplatten k′ und z′ völlig gleich beſchaffen, ſo wird hiedurch keine Ablenkung der Nadel erfolgen, ſo lange man nicht zugleich noch die Erregerplatten k und z durch einen Draht verbindet. Geſchieht aber dieſes, ſo wird ſofort die Nadel des Multiplicators, welcher k′ und z′ verbindet, eine Ablenkung der Art zeigen, als ob k′ Kupfer und z′ Zink wäre, ſo daß ſonach ein

* Vergl. d. Proceß der galv. Kette. S. 3. — Kaſtn. Arch. III. 16 f.

Theil des durch die Schließung von z und k entwickelten Stroms auch durch den Verbindungsbogen von z′ und k′ hindurch läuft. Uebrigens iſt dieſer Antheil, wie leicht zu erachten, und wie Pfaff wirklich gefunden hat, um ſo größer, je näher k′ und z′ an z und k gerückt werden.

Eine andere Anordnung des Verſuchs iſt die durch Fig. 31, Taf. VIII. vorgeſtellte. Man nehme hier die durch den Multiplicator verbundenen Kupferplatten k′ und z′ erſt in der durch 1 bezeichneten Lage zur Seite der Erregerplatte und ihnen parallel, ſo wird, wenn dieſe durch einen Draht verbunden werden, die Ablenkung des Multiplicators ſo erfolgen, als wenn z′ Zink und k′ Kupfer wäre. Nun laſſe man, ohne ſonſt irgend etwas zu ändern, die beiden Platten k′ und z′ allmälig, der Wand ac parallel bleibend, nach der Querwand cd hin fortrücken, ſo wird man die Ablenkung der Nadel allmälig geringer werden ſehen, bis ſie, wenn die Mitte der Kupferplatten eine beſtimmte vor den Rändern der Erreger hinlaufende Linie ef erreicht hat, gänzlich null geworden iſt. Von dieſem Puncte aus beginnt bei ferner fortgeſetzter Bewegung der Kupferplatten k′ und z′ in derſelben Lage und Richtung die Nadel abermals wieder abgelenkt zu werden, aber die Ablenkung iſt nun die entgegengeſetzte von der vorhergehenden und nimmt zu, bis die Kupferplatten ganz diesſeits der Linie ef, wie z. B. in der Stellung 2 ſich befinden.

In Fig. 33, 34 und 35 ſind noch allgemeinere Ergebniſſe in dieſer Beziehung vorgeſtellt, deren ausführliche Erörterung wir übergehen, da die Figuren ſelbſt dieſe Reſultate hinlänglich für ſich ausſprechen werden, nachdem wir die Bedeutung der darin vorkommenden Zeichen angegeben haben.

Die Erregerplatten ſind überall mit Z und K bezeichnet, die mit dem Multiplicator verbundenen homogenen Kupferplatten aber durch Z′ und K′; und zwar bedeutet K′ allemal die Platte, welche ſich in der bezeichneten Lage als Kupfer, Z′ die, welche ſich als Zink hinſichtlich der Ablenkung der Nadel verhält. Da, wo gar keine Ablenkung Statt findet, iſt ſtatt dieſer Buchſtaben die 0 neben jede Kupferplatte geſetzt. Die verſchiedenen, mit Nummern bezeichneten, Lagen der Kupferplatten ſind denſelben ſucceſſiv gegeben worden, ſo daß man ſich alſo jedesmal blos ein Paar dieſer Platten auf einmal mit dem Erregerpaar zugleich in dem, mit ſaurem Waſſer gefüllten Troge, denken muß. In Fig. 32 ſind die Lagen der Nebenplatten vorgeſtellt, wo ſie ſtets den Erregerplatten parallel, in Fig. 33 wo ſie ſenkrecht darauf ſind, und in Fig. 34 wo ſie willkührliche ſchiefe Richtungen dagegen haben.

Achtzehntes Capitel.

Mathematiſcher Ausdruck für die Abhängigkeit der Kraft des Stroms von den Umſtänden des Leitungswiderſtandes in der Kette, und experimentale Bewährung der hieher gehörigen Formeln.

Ich ſchalte hier ein Capitel für diejenigen ein, welchen ein mathematiſcher Ausdruck der Erſcheinungen nicht fremd iſt, da die gründliche Bewährung der bei der Kette in Betracht kommenden Geſetze ſich nicht wohl anders als in Bezug auf Formeln, durch welche ſie ausgedrückt werden, geben läßt. Ich muß jedoch bemerken, daß, da eine durchgeführte Bewährung in dieſer Art hier zu viel Raum wegnehmen, und überhaupt der allgemeinen Anlage dieſes Werks fremd ſeyn würde, man hier nur die zunächſt in Betracht kommenden Puncte derſelben dargelegt finden wird. Hinſichtlich mehrerer combinatoriſcher Verſuche, mittelſt deren ich die übrigen Puncte, ſo weit es mir möglich geweſen iſt, aufs Reine zu bringen geſucht habe, verweiſe ich auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen.

Nennen wir die Kraft der Kette K, die in der Kette wirkſame Summe von elektromotoriſcher Kraft A, den Geſammtleitungswiderſtand L, ſo iſt

$$K = \frac{A}{L}$$

Dieſe Formel iſt verſchiedener Entwickelungen fähig, da L aus den Widerſtänden der einzelnen Theile der Kette, A aus den elektromotoriſchen Kräften der einzelnen Plattenpaare, wenn man es mit einer Säule zu thun hat, zuſammengeſetzt iſt. Wir wollen jetzt die hauptſächlichſten dieſer Entwickelungen nebſt ihren erfahrungsmäßigen Bewährungen durchgehen.

A. Nennt man b den Widerſtand, den eine die Kette ſchließende Drahtlänge äußert, a den Widerſtand in der Flüſſigkeit *, ſo iſt $L = a + b$, mithin

$$K = \frac{A}{a + b}$$

und nennen wir l die Länge, ω den Querſchnitt des Drahts, k ſein von Materie und Temperatur abhängiges Leitungsvermögen, ſo iſt nach dem S. 183 ausgeſprochenen Geſetze $b = \frac{l}{k\omega}$ und

$$K = \frac{A}{a + \frac{l}{k\omega}}$$

* In der S. 183 Anm. angegebenen Bedeutung.

Die Richtigkeit des durch dieſe Formeln ausgeſprochenen Satzes, daß der Leitungswiderſtand der Drähte im geraden Verhältniß ihrer Länge und im umgekehrten ihres Querſchnitts, außerdem von ihrer Temperatur und Materie abhängt, iſt durch die übereinſtimmenden Verſuche Ohm's*, Becquerel's**, Davy's***, Pouillet's**** bewährt worden. Die Verſuche Barlow's, aus denen dieſer ein ganz anderes Geſetz glaubte ableiten zu können, verdienen keine Berückſichtigung, inſofern ſie, wie ſchon Schweigger gezeigt hat, aus einem ganz falſchen Geſichtspuncte angeſtellt ſind †. Ich begnüge mich, von den Verſuchsreihen dieſer Beobachter die Reſultate von Ohm, die ſich auf die thermoelektriſche Kette beziehen, und die von Pouillet an der hydroelektriſchen Kette anzuführen.

Verſuche Ohm's mittelſt der Multiplicatordrehwage: 1) an einer thermoelektriſchen Wismuth-Kupferkette von 0° und 80 R. Temperaturdifferenz der Berührungsſtellen. Ohm hatte ſich 8 verſchiedene Drähte vorgerichtet, die reſpectiv 2, 4, 6, 10, 18, 34, 66, 130 Zoll lang, $\frac{1}{2}$ Lin. dick und insgeſammt aus einem Stücke ſogenannten plattirten Kupferdrahts geſchnitten waren. Dieſe wurden ſucceſſiv in die Kette gebracht und ſo bei 5 verſchiedenen Verſuchen, von denen je zwei an demſelben Tage ††† angeſtellt wurden, folgende Reſultate erhalten, worin die Zahlen Theile der Eintheilung der Drehwage, auf die S. 147 erörterte Weiſe genommen, bedeuten, Theile, welche den Kräften direct proportional ſind.

---

* Schweigg. J. XLVI. 137. XLIX. 1.

** Ann. de Ch. et de Ph. XXXII. 420.

*** Gilb. LXXI. 252.

**** Elémens de phys. I. 755.

† Vergl. Schweigg. J. XLIV. 118. 361.

†† Schweigg. J. XLVI. 149.

††† Ungeachtet die Temperatur an dieſen verſchiedenen Tagen gleich erhalten wurde, nahm doch die Kraft von einem zum andern Tage merklich ab (ſpäterhin jedoch nicht weiter). Dies rührte von einem (in Schweigg. J. XLIX. 5. bemerkten) Nebenumſtande her.

Leiter, nach ihrer Länge bezeichnet.	Versuchsreihe 1.		Versuchsreihe 2.		Versuchsreihe 3.		Versuchsreihe 4.		Versuchsreihe 5.	
	Beobachtete Werthe der Kraft.	Werthe, berechnet nach $a = 20{,}25$ $A = 7285$	Beobachtete Werthe der Kraft.	Werthe, berechnet nach $a = 20{,}25$ $A = 6965$	Beobachtete Werthe der Kraft.	Werthe, berechnet nach $a = 20{,}25$ $A = 6885$	Beobachtete Werthe der Kraft.	Werthe, berechnet nach $a = 20{,}25$ $A = 6800$	Beobachtete Werthe der Kraft.	Werthe, berechnet nach $a = 20{,}25$ $A = 6801$
2	$326\frac{1}{4}$	328	$311\frac{1}{4}$	313	307	$309\frac{1}{2}$	$305\frac{1}{4}$	$305\frac{1}{2}$	305	$305\frac{1}{2}$
4	$300\frac{3}{4}$	$300\frac{1}{2}$	287	$287\frac{1}{4}$	284	284	$281\frac{1}{2}$	$280\frac{1}{2}$	282	$280\frac{1}{2}$
6	$277\frac{3}{4}$	$277\frac{1}{2}$	267	$265\frac{1}{2}$	$263\frac{3}{4}$	$262\frac{1}{2}$	259	259	$258\frac{1}{4}$	259
10	$238\frac{1}{4}$	$240\frac{3}{4}$	$230\frac{1}{4}$	$230\frac{1}{4}$	$226\frac{1}{4}$	228	224	$224\frac{3}{4}$	$223\frac{1}{2}$	$224\frac{1}{4}$
18	$190\frac{3}{4}$	$190\frac{1}{2}$	$183\frac{1}{2}$	182	181	180	$178\frac{1}{2}$	$177\frac{3}{4}$	178	$177\frac{3}{4}$
34	$134\frac{1}{2}$	$134\frac{1}{2}$	$129\frac{3}{4}$	$128\frac{1}{2}$	$128\frac{1}{4}$	127	$124\frac{3}{4}$	$125\frac{1}{4}$	$124\frac{3}{4}$	$125\frac{1}{4}$
66	$83\frac{1}{4}$	$84\frac{1}{4}$	80	$80\frac{3}{4}$	79	$79\frac{1}{4}$	79	79	78	79
130	$48\frac{1}{4}$	$48\frac{1}{2}$	46	$46\frac{1}{4}$	$44\frac{1}{2}$	$45\frac{1}{4}$	$44\frac{1}{4}$	45	44	45

Man ſieht, wie nahe die beobachteten Werthe mit den Werthen übereinſtimmen, welche nach der Vorausſetzung berechnet ſind, daß b genau im Verhältniß der Länge des Leitungsdrahts zunimmt. In der That findet man unter dieſer Vorausſetzung, daß A und a merklich conſtante Werthe erhalten, wenn man dieſe Größe aus je zwei Verſuchen mit verſchiedener Länge des Leiters berechnet, was nach den unten ſtehenden Formeln geſchehen kann *.

2) An der vorigen Kette bei einer Temperaturdifferenz von 0° und 7½° R.

Leiter, nach ihrer Länge bezeichnet.	Beobachtete Werthe der Kraft (Mittel aus zwei Verſuchen.)	Berechnete Werthe für a = 20,25 A = 619,21
2	27½	Sie unterſcheiden ſich von den beobachteten nirgends mehr als um ½ Theil.
4	25½	
6	23½	
10	20	
18	15½	
34	10½	
66	6½	
130	3½	

Bei Vergleichung der beiden vorſtehenden Verſuchsreihen ſind die beiden Puncte bemerkenswerth: 1) daß ſich der Werth von a unverändert = 20,25 erhält, während A mehr als 16mal geringer wird, welches den Umſtand beſtätigt, daß A blos von der erregenden Kraft, welche bei jenen Verſuchen verſchieden war, a blos von dem unveränderlichen Theil des Leitungswiderſtandes abhing; 2) ſcheint aus dieſen Verſuchen hervorzugehen, daß die erregende Kraft der ther-

* Es heiße die bei der Länge des Leiters m1 gefundene Kraft u, der m1 heiße ſie v, ſo iſt

$$u = \frac{A}{a + m1}$$

$$v = \frac{A}{a + n1}$$

woraus man findet

$$A = \frac{(m - n)\,1uv}{v - u}$$

$$a = \frac{(nv - mu)\,1}{u - v}$$

moelektriſchen Kette dem Temperaturunterſchiede an ihren beiden Erregungsſtellen merklich genau proportional ſey, denn die Temperaturdifferenzen verhalten ſich bei 1) und 2) wie 10,65 zu 1; die Größen von A wie 10,98 zu 1 (die Größe A bei der Reihe 1) zu 5800 angenommen).

3) Ohm nahm cylindriſche Drähte von einerlei Stoff und verſchiedener Dicke, innerhalb 0,12 und 1,40 Linien, brachte nach und nach je zwei abwechſelnd in eine hydroelektriſche Kette und kürzte denjenigen, der die Kraft am meiſten ſchwächte, ſo lange ab, bis er mit dem andern gleichen Leitungswerth hatte. Hiedurch ergab ſich das Geſetz, daß *cylindriſche Leiter von einerlei Art und verſchiedenem Durchmeſſer denſelben Leitungswerth haben, wenn ſich ihre Längen wie ihre Querſchnitte verhalten.*

4) Ohm* nahm zwei gleich lange Stücke von ſtarkem Meſſingdrahte und ließ das eine platt walzen, bis ſeine Breite die Dicke mehr als ſiebenmal überſtieg. Es hatte dadurch eine Länge von 16 Zoll 4 Lin. angenommen. Das andere Stück ließ er rund ziehen, bis es 16 Zoll 5 Lin. lang geworden war, und verkürzte es auf 16 Zoll 4 Lin. Nun brachte er dieſe beiden Stücke abwechſelnd in eine thermoelektriſche Kette und maß die Kraft des Stroms.

Das platte gewalzte Stück gab 132½ Theile
Das runde gezogene Stück gab 129½ Theile } an der Drehwage. Beide Zahlen ſind Mittel aus dreifach auf einander folgenden Verſuchen, von denen keiner um einen ganzen Theil von ſeinem Mittel abweicht. Beide Zahlen rücken einander noch näher, wenn man bedenkt, daß der runde Draht einen etwas kleinern Querſchnitt als der platte hat, und unter Berückſichtigung dieſer kleinen Differenz lehrt der vorige Verſuch, daß Drähte aus gleicher Materie von gleichem Querſchnitt gleichen Leitungswiderſtand äußern, wenn auch ihre Oberflächen ſehr verſchieden ſind.

Ohm nahm ferner 8 Drähte (jeden von 10 Zoll) von gleicher Länge, aus demſelben Stück Meſſingdraht geſchnitten, und brachte erſt einen davon in die Kette, dann zu dieſem noch einen u. ſ. f., bis alle 8 Drähte neben einander die Kette ſchloſſen; dann nahm er wieder einen um den andern aus der Kette heraus, bis nur noch ein einziger ſie verband. Auf dieſem Wege erhielt er an der Drehwage folgende Zahlen:

39¼, 70½, 97½, 120, 137½, 154, 168, 178½; u. nun rückwärts
39¼, 69¼, 98¼, 120, 139½, 152½, 165½, 178½.

Wenn man annimmt, daß der Leitungswerth in Leitern, deren Längen ſich wie ihre Querſchnitte verhalten, derſelbe ſey, und dieſem gemäß, wenn ein, zwei, drei u. ſ. f. bis 8 Drähte neben einander in die Kette gebracht werden, ihre auf gleiche Querſchnitte

---

* Schweigg. J. XLIX. 1.

zurückgeführten Längen 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$ oder in ganzen Zahlen, wie in folgender Rechnung geſchehen iſt, 840, 420, 280, 210, 168, 140, 120, 105 ſetzt, ſo erhält man, durch die S. 190 angezeigte Formel, Werthe, die in nachſtehender Zuſammenſtellung aufgeführt ſind.

Anzahl der Leiter.	Beobachtung.			Berechnung.
	I.	II.	Mittel.	
1	39$\frac{3}{4}$	39$\frac{1}{2}$	39,7	39,2
2	70$\frac{1}{2}$	69$\frac{1}{2}$	70,0	70,8
3	97$\frac{1}{4}$	98$\frac{1}{4}$	97,9	97,0
4	120	120	120,0	118,8
5	137$\frac{1}{2}$	139$\frac{1}{2}$	138,5	137,5
6	154	152$\frac{1}{2}$	153,4	153,5
7	168	165$\frac{1}{4}$	166,9	166,5
8	178$\frac{1}{2}$	178$\frac{1}{2}$	178,5	179,7

wobei die dortigen Buchſtaben A und a hier dergeſtalt beſtimmt worden ſind, daß A = 36840 und a = 100 iſt.

Ferner nahm Ohm 3 neue Leiter von 1$\frac{1}{2}$ Linien ſtarkem Meſſingdrahte, wovon der eine A einen Fuß, der andere B zwei Fuß und der dritte C vier Fuß lang war, und brachte ſie ſowohl einzeln, als paarweiſe, und auch alle drei neben einander, in die Kette. Das Reſultat dieſer Verſuche iſt in folgender Tabelle aufgezeichnet.

In der Kette befindliche Leiter	Beobachtung.			Berechnung.
	I.	II.	Mittel.	
A, B, C	325$\frac{1}{4}$	320$\frac{1}{4}$	323,0	322,4
A, B	311$\frac{1}{2}$	306$\frac{1}{2}$	308,9	307,1
A, C	289$\frac{1}{2}$	282$\frac{1}{2}$	286,0	289,3
B, C	237	232$\frac{1}{4}$	234,7	233,7
A	265$\frac{1}{4}$	264$\frac{1}{4}$	263,3	265,6
B	191$\frac{1}{2}$	185$\frac{3}{4}$	188,6	188,4
C	122	120	121,0	119,1

Die Berechnung iſt in folgender Art geführt. Es läßt ſich aus der obigen Formel ſtrenge ableiten, daß zwei Leiter, die einerlei Querſchnitt und einerlei Leitungsvermögen beſitzen, und deren Längen

m und n ſind, wenn ſie beide zugleich neben einander in die Kette kommen, eben ſo wie ein einziger leiten, der denſelben Querſchnitt und daſſelbe Leitungsvermögen hat, und deſſen Länge

$$\frac{mn}{m+n}$$

iſt. Eben ſo ſind 3 zugleich und neben einander in die Kette gebrachte Leiter von einerlei Leitungsvermögen und Querſchnitt, und deren Längen m, n, p ſind, einem einzigen Leiter von demſelben Leitungsvermögen und Querſchnitt gleichzuſetzen, deſſen Länge

$$\frac{mnp}{mn+mp+np}$$

iſt. Setzt man ſonach die Länge von C = 4 die von B = 2 und die von A = 1, ſo wird in Folge der vorſtehenden Ausdrücke die Länge von B nebſt C = $\frac{4}{3}$, die von A nebſt C = $\frac{4}{5}$, und die von A nebſt B = $\frac{2}{3}$, endlich die von A nebſt B nebſt C = $\frac{4}{7}$. Nimmt man nun A = 648 und a = 1,44 und ſetzt für x nach einander die Werthe $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$, 1, 2, 4, ſo wird man die nebenſtehenden Zahlen erhalten.

Pouillet giebt folgende Beſtimmungen, die ich wörtlich anführe:

„Das Geſetz des umgekehrten Verhältniſſes der Länge der Leitungsdrähte anlangend, ſo hat es mir nur unter Einer Bedingung genau geſchienen: in meinem Apparat waren die elektromagnetiſchen Kräfte, die dem Leitungsvermögen zum Maß dienten, den Tangenten der Ablenkungen der Nadel umgekehrt proportional, und wenn ſucceſſiv Längen l, l′, l″ u. ſ. w. des nämlichen Drahts angewendet wurden, ſo verhielten ſich die Tangenten t, t′, t″ u. ſ. w. der Ablenkungen nie umgekehrt wie dieſe Längen, ſondern umgekehrt wie dieſe Längen plus einer conſtanten Größe λ, ſo daß man hatte

$$\frac{\lambda+l}{\lambda+l'}=\frac{t'}{t},\quad \frac{\lambda+l}{\lambda+l''}=\frac{t''}{t},\quad \frac{\lambda+l'}{\lambda+l''}=\frac{t''}{t'}\text{ u. ſ. w.}$$

Dieſe Quantität λ, welche conſtant blieb für die verſchiedenen Längen eines und deſſelben Drahts, änderte ſich mit der Natur ſeiner Subſtanz und verhielt ſich für jede Subſtanz umgekehrt wie der Durchſchnitt des Drahts *. Es ſcheint mir daher, daß ſich das

---

* Dies includirt das Geſetz, daß Drähte von gleicher Materie gleich leiten, wenn ſich ihre Querſchnitte wie ihre Längen verhalten: denn hienach iſt für einen Draht von der doppelten Dicke:

$$\frac{\lambda+\frac{l}{2}}{\lambda+\frac{l'}{2}}=\frac{t'}{t},\text{ nach obiger Beſtimmung aber}$$

$$\frac{2\lambda+l}{2\lambda+l'}=\frac{t'}{t},\text{ welche Gleichungen identiſch ſind.}$$

Leitungsvermögen genau umgekehrt wie die Länge der Drähte verhält, wofern man nur den Widerſtand mit in Rechnung zieht, den die El. beim Durchgang durch die Leitungsflüſſigkeit und die verſchiedenen Leiter findet, die ſie zu durchlaufen hat, ehe ſie zu den dem Verſuche unterworfenen Drähten gelangt, indem man dieſen Widerſtand ſelbſt einer gewiſſen Drahtlänge gleich ſetzt."

Ich ſelbſt habe bei meinen Verſuchen ſehr oft Gelegenheit gehabt, mittelſt der Methode der Oscillationen die directe Proportionalität des Leitungswiderſtandes der Drähte mit ihrer Länge an der hydroelektriſchen Kette zu bewähren, und S. 184 ff. ein Beiſpiel hievon angeführt. Bei ſehr großer Verlängerung der Drähte jedoch wird man in der Regel höhere Kräfte beobachten, als nach jenem Verhältniß der Fall ſeyn ſollte, wegen Veränderungen im Zuſtande der Kette, die durch eine ſtarke Vermehrung des Leitungswiderſtandes in ihr bedingt zu werden pflegen, und welche keine directe Vergleichbarkeit mit einander zulaſſen. In Bezug auf dieſe Veränderungen verweiſe ich auf das, was ich S. 184 geſagt habe und auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen. Uebrigens habe ich durch Verſuche, die man eben dort finden wird, gezeigt, daß die Größe a, welche bei Veränderung des Schließungsdrahts conſtant bleibt, im einfachen umgekehrten Verhältniſſe der erregenden Oberfläche wächſt, in dem Fall, wo der Querſchnitt des flüſſigen Leiters zwiſchen den Platten mit der erregenden Oberfläche in gleichem Verhältniß vergrößert wird.

B. Nennt man den eigenthümlichen Leitungswiderſtand des flüſſigen Leiters in der Kette d und den Leitungswiderſtand der übrigen Theile der Kette a', ſo iſt

$$K = \frac{A}{a' + d}$$

Der Erfahrung zufolge hängt d von der Beſchaffenheit und wahrſcheinlich auch Temperatur der Flüſſigkeit, dem Abſtand der Elektromotorplatten darin von einander, dem Querſchnitt der Flüſſigkeitsſtrecke zwiſchen den Elektromotorplatten ab. Was ſich auf allgemeine Weiſe hierüber ſagen läßt, wird im 20ſten Capitel erörtert und dort gezeigt werden, daß alle frühern Beſtimmungen über den Leitungswiderſtand der Flüſſigkeiten eigentlich faſt unbrauchbar ſind; weil ſie immer zugleich den Leitungswiderſtand des Uebergangs, der in der Regel den größern Theil beträgt, betreffen. Aus eignen Verſuchen, die ich in dieſem Bezuge angeſtellt habe, erhellt jedoch, daß wirklich nicht blos der Leitungswiderſtand des Uebergangs, ſondern auch der eigenthümliche Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit durch Zuſatz von Säuren vermindert wird, und daß dieſer Widerſtand im geraden Verhältniß des Abſtands der Elektromotorplatten von einander zunimmt.

Man wird meine Verſuchsreihen über dieſen Gegenſtand im Zuſammenhange in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen finden.

Hier blos einige Verſuchsreihen zum Beweiſe, daß d wirklich im einfachen Verhältniß des Abſtands der Platten von einander zunimmt. Die Veränderung des Abſtands der Elektromotorplatten von einander muß höchſt vorſichtig geſchehen, und darf jedenfalls nur mit der poſitiven Platte vorgenommen werden, um Schwankungen der Kraft zu verhüten.

Ein Plattenpaar Zink-Kupfer in einem weiten Troge, mittelſt des Multiplicators geſchloſſen. Einfacher Abſtand (d) der Platten = 14, 3 par. Lin. Erregende Oberfläche jeder Platte, deren abgewandte Flächen gefirnißt ſind, = 8, 21 Qu. Zoll. Flüſſigkeit Waſſer mit $\frac{1}{10}$ Vol. rauchender Salzſäure verſetzt. Die Veränderung von d wird mittelſt vorſichtiger Verrückung der Zinkplatte im Troge vorgenommen. Kraft der Erde = 175,5 Zeittheile (t) zu 20 Oscillationen. Die Kette hatte eine Stunde nach ihrer Schließung geſtanden, als die erſte Beobachtungsreihe angeſtellt wurde. Die zweite Reihe wurde in einer ſpätern Wirkungsperiode derſelben Kette angeſtellt. Hier ſind die Zahlen das Mittel aus 2 Beobachtungen, in denen mit der Zinkplatte hin- und zurückgegangen wurde, und die ſehr nahe übereinſtimmten.

Perioden der Wirkſamkeit.	Abſtand der Platten.	Beobachtete Zahl t zu 20 Oscillationen.	Entſprechende Kraft.	Berechnete Kraft.	Mittlere conſtante Werthe von $\frac{a'}{A}$ und $\frac{d}{A}$
I.	1 d.	51	10,841	10,25	
	3 d.	57	8,480	8,41	$\frac{a'}{A} = 0{,}0868$
	5 d.	62	7,013	7,12	$\frac{d}{A} = 0{,}0107$
	7 d.	65	6,290	6,18	
	9 d.	68	5,445	5,61	
II.	3 d.	61,5	7,172	7,28	
	5 d.	65,83	6,108	6,35	$\frac{a'}{A} = 0{,}1072$
	7 d.	68,5	5,564	5,63	$\frac{d}{A} = 0{,}01005$
	9 d.	71,82	4,971	5,05	

Eine wie bei den vorigen Verſuchsreihen eingerichtete Kette, die ebenfalls eine Stunde geſtanden hat, aber worin die Flüſſigkeit bloßes Brunnenwaſſer iſt. Die Zahlen Mittel aus zwei Werthen. Erdkraft = 175,5 t zu 20 Oscillationen.

Abſtand der Platte.	Beobachtete Zahl t zu 20 Oscillationen.	Entſprechende Kraft.	Berechnete Kraft.	Wichtige conſtante Werthe von $\frac{a'}{A}$ und $\frac{d}{A}$
1 d.	134,5	0,7031	0,707	
3 d.	138,15	0,6139	0,624	$\frac{a'}{A} = 1,3174$
5 d.	140,75	0,5574	0,557	
7 d.	143,5	0,4957	0,503	$\frac{d}{A} = 0,0955$
9 d.	145,25	0,4600	0,459	

Verſuche, welche zu gleichen Ergebniſſen führen, habe ich an Ketten, worin der Querſchnitt der Flüſſigkeit der erregenden Oberfläche correſpondirte und zu Anfange ihrer Wirkſamkeit angeſtellt, worüber und über das Nähere der Folgerungen, die ſich an dieſe Verſuchsreihen knüpfen laſſen, ich auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen verweiſe. Eben dort wird man die Beweiſe finden, daß die Größe a' nicht blos vom Leitungswiderſtande des Drahts abhängt, ſondern außerdem einen andern conſtanten Theil, den ich eben als Widerſtand des Uebergangs rechne, enthält.

Beiſpielsweiſe will ich in dieſem Bezug anführen, daß während in der obigen Verſuchsreihe $a' = 1,3174$, $d = 0,0955$ gefunden wurden (wenn wir $A = 1$ ſetzen); mithin der Widerſtand der Flüſſigkeit bei 1 d ſich $= 0,0725$ des Geſammtwiderſtands ergab, zugleich der Widerſtand des Multiplicatordrahts nur 0,0157 des Geſammtwiderſtands betrug, wie ſich durch Berechnung aus dem Datum fand, daß, als die 8fache Länge des Multiplicatordrahts zu ihm noch in die Kette hinzugebracht wurde, anſtatt 134,5 Zeittheilen, welche der Kraft 0,7031 correſpondiren, jetzt 138 Zeittheile zu 20 Oscillationen erfoderlich waren; welches einer Kraft von 0,6174 entſpricht. In der That, berechnet man hienach die Werthe a und b (Formel S. 190), ſo findet man $a = 1,400$; $b = 0,0222$. Dieſer Verſuch und die obige Verſuchsreihe controlliren einander ſelbſt, denn es muß bei gleichbleibendem A der Geſammtwiderſtand $a' + d = a + b$ ſeyn; und in der That ergiebt ſich $a' + d$ (nach den vorbeſtimmten Werthen) $= 1,413$; $a + b$ aber $= 1,422$; eine Uebereinſtimmung, der ich in andern dergleichen Verſuchsreihen ſehr nahe gekommen bin.

Es erhellt demzufolge, daß während der Leitungswiderſtand der Flüſſigkeit, bei 1 d, 0,0725 und des Multiplicatordrahts 0,0157 des Geſammtwiderſtandes der Kette betrug; die noch fehlenden 0,9118 Theile des Geſammtwiderſtandes einem beſondern particulären Widerſtande beigemeſſen werden mußten. Dies iſt das Verfahren, das ich

ſtets zur Meſſung des Leitungswiderſtandes des Ueberganges angewandt habe, nur daß ich in der Regel den Werth von b durch ein Mittel aus mehrern Beobachtungen hergeleitet.

Daß der eigenthümliche Widerſtand des flüſſigen Leiters in dem Fall, wo der Querſchnitt deſſelben mit der erregenden Oberfläche gleichmäßig wächſt, dieſer Oberfläche umgekehrt proportional ſey, habe ich durch eine combinatoriſche Verſuchsreihe gefunden, bei welcher erregende Oberfläche und Abſtand der Platten in anſchließenden Zellen beide ſucceſſiv abgeändert wurden. Daß dieſer Widerſtand hingegen in einem geringern Verhältniſſe als dem umgekehrten der erregenden Oberfläche wächſt, wofern man bei gleichbleibender Maſſe der Flüſſigkeit in einem weiten Troge blos die erregende Oberfläche ſucceſſiv abändert, läßt ſich leicht dadurch finden, daß, wenn man den durch Verſuche beſtimmten Widerſtand, der von der erregenden Oberfläche abhängt und den ebenfalls durch Verſuche beſtimmten Widerſtand, der vom Schließungsdraht abhängt, zuſammenaddirt, der Geſammtwiderſtand dadurch nicht repräſentirt zu werden vermag; ja, wie ich mich überzeugt habe, bei Weitem nicht repräſentirt zu werden vermag, wenn der Abſtand der Platten in der Flüſſigkeit ſehr groß iſt.

Fraglich iſt noch, ob das Fehlende ganz oder nicht ganz durch den eigenthümlichen Widerſtand der Flüſſigkeit repräſentirt werden könne; und dies läßt ſich nur durch Verſuche ausmitteln, bei denen Abſtand der Platten, erregende Oberfläche und Drahtlänge zugleich abgeändert werden. Ich hoffe, dieſe Verſuche noch anſtellen zu können.

C) Bezeichnen wir die Größe der erregenden Oberfläche einer galvaniſchen Kette durch m, ſo läßt ſich darthun, daß die Kraft dieſer Kette proportional iſt dem Ausdruck

$$\frac{A}{c+\frac{e}{m}} = \frac{mA}{mc+e}$$

worin A bei gleichbleibender elektromotoriſcher Kraft gleich 1 geſetzt werden kann, und worin c und e conſtante Größen ſind, die ſich durch die Verſuche ſelbſt beſtimmen laſſen, und über deren Abhängigkeit von den betreffenden Umſtänden ich auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen verweiſe. Von den dort anzuführenden Verſuchsreihen entlehne ich folgende. Darin bezeichne O die einfache erregende Oberfläche, die für Kupfer und Zink gleich genommen wurde; d den Abſtand der Platten; F die Leitungsflüſſigkeit; t einen Zeittheil von $\frac{1}{4}$ Secunde; N diejenige Anzahl von t, welche unter dem bloßen Einfluß der Erdkraft gebraucht wurde. Es ſey ferner $\frac{c}{A} = \gamma$; $\frac{e}{A} = \epsilon$.

6 Kupfer-Zinkplattenpaare, in verſchiedenen geſonderten Zellen Eines Troges. Die Kupferplatten und Zinkplatten jede durch Drähte zu Einer erregenden Oberfläche verbunden. O = 12,8 Qu. Zoll; d = 2 Lin.; F = geſättigte Kochſalzlöſung. A (zu 20 Oſc.) 177 t. Die Prüfung in verſchiedenen ſucceſſiven Perioden der Wirkungsabnahme vorgenommen. Anfängliche Kraft der Kette bei 8 Paaren, von denen ſpäter 2 weggelaſſen wurden, 6 t zu 4 Oſc.; nach 1 Min. noch nicht 7 t, nach 5 Min. 8 t; nach 15 Min. 43 t zu 20 Oſc.; nach 20 Min. 43,5 t zu 20 Oſcillationen.

	Anzahl der Oberflächen.	Beobachtete Zahl t für 20 Oscillationen.	Entſprechende Kraft.	Berechnete Kraft.	Werthe von e und y.
I.	6	61,25	7,351	7,35	$e = 0,5479$
	1	103	1,686	1,69	$y = 0,0446$
II.	6	70	5,393	5,39	$e = 0,8558$
	4	80	3,894	3,89	$y = 0,0428$
	2	100	2,133	2,12	
III.	6	72,5	4,960	4,96	$e = 0,9503$
	5	77	4,284	4,28	$y = 0,0432$
	4	83	3,542	3,56	
	2	106,5	1,762	1,92	
	1	126	1,027	1,00	
IV. *	6	78,75	4,117	4,13	$e = 1,1952$
	5	83	3,542	3,54	$y = 0,0429$
	4	89,5	2,901	2,93	
	3	98	2,262	2,27	
	2	111	1,543	1,56	
	1	131,5	0,812	0,808	

* Dieſe Reihe Mittel aus 2 Beobachtungsreihen, in welchen die Reihenfolge der aus der Kette weggelaſſenen Platten eine verſchiedene war; beide Reihen ſtimmten ſehr nahe überein. — Es iſt ſehr bemerkenswerth, daß y in den ſucceſſiven Wirkungsperioden merklich conſtant bleibt, (ungeachtet die elektromotoriſche Kraft darin eingeht), während e ſich in bedeutend ändert, eine Beobachtung, die ich durch andre analoge beſtätigt gefunden habe. Erſcheinungsarten können

Die Werthe von ε und γ in der letzten Columne ſind das Mittel von den, ſehr nahe übereinſtimmenden, Werthen, welche man erhält, wenn man dieſe Größen nach der Formel auf S. 200 ſucceſſiv durch Combination der bei 6 Oberflächen beobachteten Kraft mit der bei 5, 4, 3, 2, 1 Oberflächen beobachteten Kraft berechnet, und nach dieſem Mittel ſind dann die Zahlen in der vorletzten Columne berechnet, deren Abweichung von den beobachteten Zahlen gering genug iſt, um der Genauigkeit des Geſetzes keinen Eintrag zu thun. Wenn keine Beobachtungsfehler Statt fänden und eine vollkommene Homogeneität der Platten zu erlangen wäre, ſo müßten die Werthe von ε und γ, durch Combination je zweier Zahlwerthe (bei verſchiedenen Oberflächen) berechnet, völlig conſtant ſeyn. Daß ſie es wenigſtens in hinreichendem Grade ſind, daß ihre Abweichung den bei der Beobachtung unumgänglichen Irrthümern mit Fug beigemeſſen werden könne, wird die Zuſammenſtellung folgender Werthe zeigen. Es bedeutet darin 6/5 daß der Werth von ε und γ durch Combination der bei 6 Oberflächen beobachteten Kraft mit der bei 5 Oberflächen gefundnen berechnet wurde, und ſo analog bei den andern dergleichen Bezeichnungen. Man darf übrigens dieſes Conſtantſeyn nur für dieſelbe Wirkungsperiode der Kette erwarten, und der Verſuch ſelbſt zeigt, daß wenigſtens ε ſich im Verlaufe des Geſchloſſenſeyns der Kette ſehr ändert.

Periode IV.

	ε	γ
6/5	1,18105	0,04608
6/4	1,19780	0,03920
6/3	1,19290	0,04402
6/2	1,21737	0,04093
6/1	1,18671	0,04514
Mittel.	1,1952	0,0429

Sechs nebeneinanderbefindliche Säulen aus neuen Zink-Kupferplattenpaaren. Jede Säule aus 6 Paaren beſtehend. Alle Säulen mit den gleichnamigen Polen verbunden. Seite jeder quadratiſchen Platte 2 Zoll 4 Lin. Die Flüſſigkeit eine Miſchung von Kochſalz- und Salmiakauflöſung in neuen Tuchſcheiben, die für jede Säule unter einem gleichen Druck mäßig ausgedrückt werden. Statt eines Multiplicators der S. 152 beſchriebene Apparat. N bei I u. II = 3981 zu 20 Oéc.; bei III. 3151 zu 16 Oéc.; die Röm. Zahlen zur Bezeichnung ſucceſſiver Wirkungsperioden. Anfängliche Kraft der Kette 15 t zu 2 Oéc.; dann ſucceſſiv 18 t, 18 t, 19 t; nach 10 Min. 19½ t, nach 1 St. 22½ t, nach 1½ St. 23 t.

Aenderungen von γ im Laufe des Geſchloſſenſeyns der Kette eintreten, die aber ganz eigenthümlicher Natur zu ſeyn ſcheinen. Mehr hierunter in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen.

	Anzahl der mit den gleichnamigen Polen verbundenen Säulen in der Reihe.	Beobachtete Zahl t in 20 Sec.	Entſprechende Kraft.	Berechnete Kraft.
I.	6	219	2,305	2,274
	5	234,5	1,880	1,895
	4	250	1,534	1,516
	3	270	1,173	1,137
	2	303	0,725	0,758
	1	347	0,351	0,379
II.	6	223,5	2,157	2,142
	5	241	1,727	1,785
	4	256	1,417	1,428
	3	278	1,009	1,071
	2	302,5	0,731	0,714
	1	341	0,362	0,357
		in 18 Sec.		
III.	6	192 . .	1,692 .	1,638
	5	204,5 .	1,374 .	1,365
	4	221,5 .	1,022 .	1,092
	3	233 . .	0,828 .	0,819
	2	253 . .	0,550 .	0,546
	1	279 . .	0,275 .	0,273

Die berechneten Werthe in der letzten Verſuchsreihe ſind nach der Vorausſetzung gefunden, daß y gegen x verſchwindet; ein Verſchwinden, was in den Umſtänden des Verſuchs ſelbſt liegt, wenn x vom Widerſtand der Flüſſigkeit und des Uebergangs, der ſich bei Säulen vervielfältigt, y vom Widerſtand des Schließungsdrahts abhängt, weil der Schließungsdraht bei letzterer Verſuchsreihe durch einen breiten verhältnißmäßig kurzen Metallſtreifen erſetzt war.

Dieſe Umſtände werden ihre Erläuterung durch folgende Verſuchsreihe erhalten, in welcher der Widerſtand des ſchließenden Leiters nicht verſchwindend angenommen werden konnte, und wo y in der That um ſo ſtärkere Werthe erhielt, je größer der Widerſtand des ſchließenden Leiters war.

Sechs mit den gleichnamigen Polen verbundene Säulen, jede aus 5 Paaren Zink-Kupfer bestehend, mit denen beim vorigen Versuch von gleicher Beschaffenheit, mit gesättigter Kochsalzlösung geschichtet. Die Schließung geschieht durch denselben Multiplicator, der bei den frühern Versuchsreihen angewandt worden, und überdieß ist noch in der Kette eine Säule conc. Kochsalzlösung von 5 Zoll Länge und 5½ Lin. Durchmesser in der S. 168 Anm. beschriebenen, durch Silberplatten begränzten, spritzenartigen Röhre befindlich; die bei III aus der Kette weggelassen wird. N = 173t (zu 20 Osc.). Anfängliche Kraft der Kette unmittelbar nach der ersten Schließung 11t zu 4 Osc.; die nächsten 4 Osc. successiv in 12t, 13t, 14t, 14t, 14t u. s. w.; nach 5 Min. nicht ganz 17t zu 4 Osc.; nach 15 Min. 97t zu 20 Osc. Alle drei Versuchsreihen sind am 3ten Tage nach Schließung der Kette angestellt worden. Zwischen I und II war die Kette geraume Zeit geöffnet geblieben, so daß sich ein bedeutender Theil der ersten Wirksamkeit der Kette wieder hergestellt hatte.

	Anzahl der mit den gleichnamigen Polen in Verbindung stehenden Säulen.	Beobachtete Zahl t zu 20 Oscillationen.	Entsprechende Kraft.	Berechnete Kraft.	Werthe von y und e.
I.	6	135	0,6422	0,6409	$y = 1,298$
	4	137	0,5945	0,5911	$e = 1,577$
	2	142,5	0,4739	0,4794	
	1	151,5	0,3083	0,3472	
II.	6	88,5	2,821	2,94	$y = 0,0520$
	4	100	1,993	2,06	$e = 1,728$
	3	109.	1,519	1,58	
	2	120.	1,078	1,09	
	1	Plötzliches unverhältnißmäßiges Sinken d. Wirkung *.			
III. ohne Zwischenröhre. Die Zahl von 1 aus d. doppelt. Osc.-Zahl abgeleitet.	6	42,25	15,77	15,78	$y = 0,0437$
	4	44	14,47	13,67	$e = 0,1180$
	3	48,25	11,86	12,05	
	2	54	9,63	10,06	
	1	63	6,54	6,18	

* Unstreitig eine zufällige Erscheinung der wogenden Kraft.

D) Nennen wir bei einer Säule die elektromotorische Kraft eines einzelnen Plattenpaars A', den Widerstand eines einzelnen Plattenpaars a'' und den Widerstand des schließenden Leiters b, so ist

$$K = \frac{n A'}{n a'' + b} = \frac{n}{\frac{n a''}{A} + \frac{b}{A}}$$

Dies beweisen zuvörderst Bischof's Versuche * über die wasserzersetzende Kraft der Kette.

Versuchsreihe von Bischof.

Vier mit gesättigter Kochsalzauflösung geschichtete Säulen, jede von 51 Kupfer-Zinkpaaren, die mit den ungleichnamigen Polen verbunden werden. In die Kette derselben ist ein Wasserzersetzungsapparat eingeschaltet, den wir im 29sten Capitel beschreiben werden. Die Kraft der Kette wird durch die Zeit gemessen, welche gebraucht wird, eine gleiche Quantität Gas zu entwickeln, bei eingetretenem gleichförmigen Zustande derselben. Die Zahlen sind Mittel aus mehrern sehr nahe zusammenstimmenden Versuchen

Zahl n der mit den ungleichnamigen Polen verbundenen Säulen.	Beobachtete Kraft.	Gerechnete Kraft.	Werth von $\frac{a''}{A}$ und $\frac{b}{A}$
4	100	100,2	$\frac{a''}{A'} = 0,00386$
3	83	83,2	
2	62	62,1	$\frac{b}{A'} = 0,0245$
1	37	35,2	

Eigne Versuche mittelst des Multiplicators.

Fünf Säulen, ganz wie in der Versuchsreihe S. 203, die aber mit den ungleichnamigen Polen verbunden werden. Die Zwischenröhre ist bei I mit Wasser, dem etwas Salmiackfl. zugemischt ist, bei II mit bloßem Brunnenwasser, bei III mit Salmiacklösung gefüllt. $N = 1701$ (zu 20 Osc.).

* Kastn. Arch. IV. H. 1. S. 46.

	Zahl n der mit den ungleichnamigen Polen verbundenen Säulen.	Beobachtete Zahl t zu 20 Oscill.	Entsprechende Kraft.	Berechnete Kraft.	Werth von $\frac{a''}{A'}$ und $\frac{b}{A'}$
I. Zwischenröhre mit W. dem einfachen Salmiaktrog beigemischt ist.	5	105,5	1,597	1,595	$\frac{a''}{A'} = 0,3100$
	4	108	1,480	1,416	
	3	113,5	1,243	1,195	$\frac{b}{A'} = 1,5847$
	2	123,5	0,894	0,907	
	1	140	0,477	0,501	
II. Zwischenröhre mit Brunnenwasser.	5	135,5	0,5743	0,5720	$\frac{a''}{A'}$ verschwindend gegen
	4	140	0,4770	0,4576	
	3	147	0,3383	0,3435	$\frac{b}{A'} = 8,741$
	2	154	0,2187	0,2290	
	1	161 +	0,1160	0,1145	
III. Zwischenröhre mit conc. Salmiaktrog.		20 Oscill.			
	5	116	3,828	3,88	$\frac{a''}{A'} = 0,226$
	4	117 —	3,750 +	3,76	
	3	119	3,587	3,59	$\frac{b}{A'} = 0,158$
	2	123,5	3,264	3,28	
	1	135	2,568	2,60	

Ich begnüge mich, zu bemerken, daß bei diesen Versuchsreihen der Leitungswiderstand des Multiplicatordrahts so sehr gegen den Widerstand in der Säule verschwand; daß, wenn dieselbe blos durch diesen Draht geschlossen war, die Wirkung sich von der einfachen bis zur 5fachen Säule ganz gleich verhielt. — Bei mehrern Versuchsreihen mit derselben Säule traten sehr entschiedene Sprünge in der elektromotorischen Kraft ein. Mehr hierüber in meinen galvanischen Maßbestimmungen.

Daß wirklich b dem Widerstande des schließenden Leiters einfach proportional sey, lehrt folgende combinatorische Versuchsreihe, in welcher b merklich denselben Werth erhält, mag man es nun direct durch Veränderung des Widerstandes des schließenden Leiters, bei gleichbleibender Zahl der Plattenpaare, oder durch Veränderung der Plattenzahl bei gleichbleibender Länge des schließenden Leiters herleiten.

Die Platten bei diesem Versuche wurden in einem Trogapparate combinirt und der Versuch bis zu 4 Paaren derselben ausgedehnt.

Die Zwischenflüssigkeit war Wasser. Das Maß wurde durch die 4 ersten Oscillationen unmittelbar nach jedesmaliger Schließung der Kette genommen, während deren sich die Wirkungsabnahme vernachlässigen ließ. Die Bruchtheile von t sind durch möglichst sorgfältige Schätzung bestimmt. Vor jeder neuen Messung wurden die Platten entweder ganz frisch gescheuert, oder zum Theil durch Herausziehen der Kupferplatten auf die S. 157 Anm. erwähnte Art wieder in ihren ersten Wirkungszustand versetzt, nachdem ich mich überzeugt, daß die Kraft mehrere Wiederholungen hindurch auf diese Art nicht merklich geschwächt ward. Die Längen der schließenden Leiter bei I) verhielten sich wie 11 : 33,5 : 55. Jedes der Plattenpaare, die nachher zur Säule combinirt wurden, ward besonders mit diesen drei Längen successiv geschlossen, wobei die untenstehenden, fast übereinstimmenden, Werthe erhalten wurden, und das Mittel zur Berechnung angewendet. Eben so wurde der Versuch mit Abänderung der Plattenzahl dreimal wiederholt, und dabei jedesmal eine andere Folge der Plattenpaare angewandt. Die Kraft der Erde correspondirte 165 t zu 20 Oscillationen.

I.

1 Plattenpaar.

Länge des schließenden Leiters.	Zahl von t zu den ersten 4 Oscillationen bei den 4 einzelnen Plattenpaaren.	Entsprechende mittlere Kraft.
11 *	14,75. 14,5. 14,5. 14,5	4,13
33,5	19,5. 19. 19. 19.	2,69
55	21,66. 21,33. 21,5. 21,66	1,98

II.

55 Längen des schließenden Leiters.

Zahl der Plattenpaare.	Zahl von t zu den ersten 4 Oscillationen bei 4 Reihen.	Entsprechende mittlere Kraft.
1	21,66. 21,33. 21,5. 21,66	1,34
2	18,5. 18. 18.	2,31
3	16,5. 16,75. 16,25.	3,00
4	15,5. 15,5. 15,5.	3,53

* Es wurde auch die einfache Länge angewandt. Diese gab im Mittel 9,75t, welches aus dem Gesetz der andern Werthe zu sehr herausfällt, als daß

Berechnet man den Widerſtand einer einfachen Drahtlänge und den Widerſtand des Plattenpaars nach I, ſo erhält man (die elektrometoriſche Kraft = 1 geſetzt) folgende Werthe *.

	Widerſtand des Drahts.	Widerſtand des Plattenpaars.
11/33	0,0117	0,114
11/55	0,0113	0,116
33/55	0,0112	0,131
Mittel.	0,0115	0,120

Berechnet man anderſeits b und a″ nach II, ſo erhält man nachſtehende Werthe:

	b	a″
1/3	0,620	0,126
1/4	0,617	0,129
2/3	0,603	0,132
2/4	0,600	0,133
Mittel.	0,609	0,130.

= 55 × 0,0111.

Wie man ſieht iſt hier b = 0,609, und wenn es wirklich dem Widerſtande des ſchließenden Leiters entſpricht, ſo muß ſein 55ſter Theil merklich = 0,0115 gefunden werden. Er iſt in der That = 0,0111, welches keine in Betracht kommende Abweichung iſt. a″ ſollte = 0,130 gefunden werden, während es nur 0,120 gefunden iſt. Dieſe Abweichung kann jedoch ebenfalls bei ſo zuſammengeſetzten Verſuchen den Irrthümern der Beobachtung oder noch mehr einer nicht völligen Vergleichbarkeit der Wirkungszuſtände der Kette beigemeſſen werden.

---

ich nicht einen andern Wirkungszuſtand der Kette hiebei vermuthen ſollte. In der That iſt dies nicht das einzige Beiſpiel, daß ich bei ſehr großen Differenzen der Leitungsdrähte deutliche Beweiſe verſchiedener Wirkungszuſtände, die gleich bei der Schließung eintraten, wahrgenommen habe; und dieſer Gegenſtand hängt wahrſcheinlich mit dem S. 184 Erwähnten zuſammen.

* Die vorangehenden durch das Zeichen f getrennten Zahlen dienen zur Anordnung der Beobachtungen, mit welchen die Werthe berechnet ſind, indem ſie den dort angewandten Drahtlängen oder der Zahl der Plattenpaare entſprechen.

Neunzehntes Capitel.

Vom Leitungswiderstande der festen Leiter in der Kette insbesondre.

Wir haben im 16ten und 18ten Capitel die Erörterungen und Beweise gegeben, zufolge deren der Widerstand der metallischen Leiter in der Kette im geraden Verhältniß ihrer Länge, im umgekehrten ihres Querschnitts zunimmt. Wir werden in diesem Capitel hieran noch mehrere Bemerkungen knüpfen, zuvor aber die Abhängigkeit dieses Widerstandes von der Materie und Temperatur der Leiter näher betrachten.

Zuvörderst von den hiezu angewandten Verfahrungsarten *.

Das erste Mittel, was sich zur Vergleichung des eigenthümlichen Leitungsvermögens ** der Metalle darbot, gründet sich auf eine, schon bei den Entladungen durch die Leydner Batterie gemachte, und von Davy bei galvanischen Batterieen noch durch specielle Versuche bestätigte, Beobachtung, zufolge welcher Drähte, durch die sich die Kette entladet, sich um so stärker erhitzen, je schlechter ihr Leitungsvermögen ist. Mittelst dieser Bemerkung haben Van Marum, Priestley, Children und Harris das Leitungsvermögen der Metalle, theils mittelst des Leydner, theils mittelst des Galvanischen Apparats zu vergleichen gesucht, und auch Davy eine in Bezug hierauf stehende Versuchsreihe angestellt.

Van Marum † verfuhr hiebei so, daß er verglich, wie viel Zoll gleichdicken Drahts durch dieselbe Größe der Ladung einer Leydner Batterie geschmolzen zu werden vermochten. — Priestley †† hakte gleich dicke und gleich lange Drähte aus je zwei zu vergleichenden Metallen zusammen, und, indem er diese Vereinigung dem Entladungsschlage einer starken Leydner Batterie aussetzte, verglich er, welcher von beiden Drähten die stärkere Hitzewirkung erfuhr, indem immer der eine geschmolzen und zerstreut ward, während der andre unverletzt zurückblieb, und ganz auf ähnliche Weise verfuhr Children ††† mittelst eines starken Galvanischen Apparats.

Bei diesen Arten, den Versuch anzustellen, läßt sich der Einwand machen, daß, da die Metalle eine verschiedene Hitze zum Glühen und Schmelzen erfodern, die Gradationen der Temperatur-

---

* Ich führe hiebei die durch die Leydner Flasche gefundenen Resultate mit den auf rein galvanischem Weg gefundenen zugleich auf, da sie im Allgemeinen Sinn unkeuße Uebereinstimmung beider diese Zusammenstellung [illegible].

** Hiebei ist immer die S. 170 gegebene Definition dieses Begriffes fest zu halten.

*** Gilb. LXXI. 250.

† Sarnoph. El. I. 405.

†† Geschichte S. 487.

††† Gilb. LII. 356.

erhöhung und des entſprechenden Leitungswiderſtandes durch Beobachtung jener Erſcheinungen nicht gehörig verglichen werden können. Deſſenungeachtet findet man, daß die Reſultate von Marum und Prieſtley ſehr wohl mit den, durch ſichrere Verfahrungsarten gefundenen, Datis übereinſtimmen, da hingegen die von Children bedeutend davon abweichen.

Eine zweckmäßigere Art, nach der Statt findenden Temperaturerhöhung das Leitungsvermögen von Drähten zu vergleichen, iſt unſtreitig die von Harris * angegebne. Derſelbe nahm Metalldrähte von gleicher Länge, ſpannte ſie nach einander horizontal in einem Glasballen von 3 Zoll Durchmeſſer aus, und verband ſie an ihren Enden mit einer Leydner Batterie. Der mit Luft gefüllte und luftdicht verſchloſſene Ballen ruhte mit ſeinem Halſe auf einem kleinen Behälter, welcher Weingeiſt enthielt und mit einem Haarröhrchen in Verbindung ſtand, deſſen längerer Arm ſenkrecht in die Höhe gieng. Im Augenblicke, wenn der el. Schlag den im Ballon ausgeſpannten Draht durchlief, theilte dieſer Draht ſeine Wärme der Luft im Ballen mit und dieſe eingeſchloſſene Luft trieb, indem ſie ſich ausdehnte, die Flüſſigkeit in der Röhre in die Höhe. Durch die Grade dieſer Erhöhung erhielt Harris Zahlenwerthe für das Leitungsvermögen der Metalle, die ſich nebſt andern in der beigefügten Tabelle vereinigt finden **.

Eine weit directere und darum vorzuziehende Methode, das Leitungsvermögen zweier Metalle zu vergleichen, gründet ſich jedoch darauf, daß man ſucceſſiv gleich dicke Drähte von verſchiedenen Metallen zur Schließung einer Kette anwendet, und ſieht, welche Längen dieſe Drähte reſpectiv haben müſſen, damit die (durch die Ablenkung der Magnetnadel oder eine andere Wirkung zu meſſende) Kraft des Stroms ſtets gleich bleibe. In der That wird ſich das Leitungsvermögen dann direct wie die Längen dieſer Drähte verhalten, indem z. B. ein doppelt ſo langer Draht nur dann den Strom nicht mehr ſchwächen wird, als ein Draht von der einfachen Länge (die Dicken als gleich vorausgeſetzt), wenn zugleich das Leitungsvermögen ſeiner Materie doppelt ſo groß, oder was daſſelbe heißt, ſein Leitungswiderſtand halb ſo groß iſt.

Davy *** wandte dieſes Verfahren zuerſt mittelſt folgender Vorrichtung an.

Eine Säule aus einer gewiſſen Anzahl Plattenpaaren ward gleichzeitig durch 2 verſchiedene Bogen geſchloſſen, deren einer einen Waſſerzerſetzungsapparat enthielt, während der andre aus dem Draht,

---

* Phil. Ann. XII. 279.

** Minder vertrauenswürdig iſt unſtreitig das Verfahren Davy's, (Gilb. LXXI. 259), die Erhitzung der Drähte nach der Erhitzung von Oel zu vergleichen, durch welches die Drähte geleitet waren, die zur Verbindung einer ſtarken galv. Batterie gebraucht wurden.

*** Gilb. LXXI. 269.

Tabelle

über das

Leitungsvermögen der Metalle nach den verschiedenen Beobachtern.

Priestley.	Children.	Van Marum.	Davy.	Davy.	Harris.	Becquerel.	Pouillet.	Ohm.
(nach der Gradation der Erhitzung.)	(nach der Gradation der Erhitzung.)	(geschmolzene Drahttängen.)	(nach der Gradation der Erhitzung.)	nach den Drahttängen, die gleiche Wirkungen äußern, bestimmt.)	(Metalle und Legirungen.) (nach der Gradation der Erhitzung.)	(mittelst des Multiplicators.)	(mittelst des Multiplicators.)	(mittelst des Multiplicators)
Gold	Silber	Drähte, $\frac{1}{16}$ Zoll dick.	Silber	Silber = 109,1	Kupfer 100	Kupfer . . = 100	Silber von 0,986 Gehalt = 102,98	Kupfer 100,0
Silber	Zink		Kupfer	Kupfer = 100	Silber 100	Gold . . . = 93,60	Kupfer . . . . . = 100,0	Gold . . 57,4
Kupfer	Gold	Kupfer, kaum $\frac{1}{4}$ Zoll	Blei	Gold = 72,7	1 Kupfer 1 Silber = 100	Silber . . = 73,60	Silber von 0,948 Gehalt = 88,88	Silber . 35,6
Messing	Kupfer	Silber, kaum $8\frac{1}{2}$ Zoll	Gold	Blei = 69,1	1 Kupfer 3 Silber = 100	Zink . . . = 28,50	Feines Gold . . . . . = 84,41	Zink . . 33,3
Eisen	Eisen	Messing, 12 Zoll	Zink	Platin = 18,2	3 Kupfer 1 Silber = 100	Platin . . = 16,40	Silber von 0,800 Gehalt = 77,10	Messing 28,0
	Platin	Eisen, 16 Zoll	Zinn	Palladium = 16,4	Gold . . . . . = 66,6	Eisen . . . = 15,80	Rosette . . . . . = 30,35	Eisen . . 17,4
Zinn besserer Leiter als Blei.			Palladium	Eisen = 14,6	1 Gold 3 Kupfer = 40,0	Zinn . . . = 15,50	Messing . . . . . = 26,28	Platin . 17,1
		Drähte, $\frac{1}{32}$ Zoll dick.	Eisen		1 Gold 3 Silber = 40,0	Blei . . . = 8,30	Eisen . . . . . = 16,39	Zinn . . 16,8
					Zink . . . . . = 33,3	Quecksilber = 3,45	Gold von 18 Karat . . . = 14,77	Blei . . 9,7
		Gold, $3\frac{1}{2}$ Zoll			Messing . . . = 33,3	Kalium . . = 1,33	Platin . . . . . = 13,55	
		Eisen, 5 Zoll			8 Kupfer 1 Zinn = 33,3		Anm. Die Versuche mit Gold und Silber von verschiedenem Gehalt, der sehr sorgsam bestimmt worden war, wurden oft wiederholt.	
		Zinn, 120 Zoll			1 Gold 1 Kupfer = 30,0			
		Blei, 120 Zoll			1 Gold 1 Silber = 30,0			
					3 Gold 1 Kupfer = 24,0			
					3 Gold 1 Silber = 24,0			
					1 Zink 1 Zink = 22,2			
					Platin . . . . = 20,0			
					Eisen . . . . = 20,0			
					1 Zink 3 Zinn = 18,75			
					Zinn . . . . = 16,6			
					1 Blei 3 Zinn = 14,06			
					1 Zinn 1 Blei = 11,11			
					1 Zinn 3 Blei = 9,52			
					Blei . . . . . = 8,3			

deſſen Leitungsvermögen geprüft werden ſollte, beſtand. Nun theilt ſich zufolge des §. 186 angezehnen Geſetzes die El. in dieſem Fall nach dem Verhältniß des Leitungsvermögens dieſer Bögen zwiſchen beide; und es wird bei immer größerer Verbeſſerung des Leitungsvermögens des ſchließenden Drahts ein Punct erreicht werden, wo der Verhältnißtheil El., der durch den andern, den Waſſerzerſetzungsapparat enthaltenden, Bogen hindurchgeht, ſo gering wird, daß die Waſſerzerſetzung merklich zu ſeyn aufhört. Davy verglich nun, wie kurz Drähte von verſchiedener Materie aber gleicher Dicke genommen werden mußten, um dieſen Punct zu erreichen, und beſtimmte hienach ihr Leitungsvermögen. Es ſcheint jedoch nicht, als ob dieſes Verfahren große Genauigkeit zulaſſen könnte.

Ohm * brachte cylindriſche Drähte von einerlei Dicke und verſchiedenem Stoffe nach und nach je zwei abwechſelnd in die Kette und kürzte denjenigen, der die, durch die Ablenkung der Magnetnadel gemeſſene, Kraft des Stroms am meiſten ſchwächte, ſo lange ab, bis er mit dem andern gleichen Leitungswerth erlangt hatte.

Becquerel ** wendete das ſinnreiche Verfahren an, einen Multiplicator aus zwei gleich dicken parallelen Drähten von verſchiedenem Metall, wie §. 83 beſchrieben, zu winden, und die correſpondirenden Enden dieſer Drähte mit den entgegengeſetzten Polen einer Kette in Verbindung zu ſetzen, ſo daß ſie vom Strom in entgegengeſetzter Richtung durchlaufen werden mußten. Dann wurde, wenn die Drähte gleich lang waren, die Richtung des Ausſchlags der Nadel durch den Draht vom beſſern Leitungsvermögen beſtimmt. Der andere wurde darauf verkürzt, bis Gleichgewicht der Wirkung eintrat, und das Verhältniß der Längen der Drähte, wo dieſes Statt fand, verglichen.

Wahrſcheinlich verfuhr Pouillet ***, der ſein Verfahren nicht näher angiebt, auf ähnliche Art.

Es würden ſich noch mehrere andere Arten, das Leitungsvermögen der ſchließenden Leiter zu beſtimmen, anwenden laſſen, die aus den, im 18ten Capitel angeführten Formeln, in welche der Widerſtand des Drahts als Element eingeht, leicht herzuleiten ſind. Da ſie jedoch bis jetzt nicht angewandt ſind, ſo ſpreche ich nicht weiter davon.

Nachſtehende Tabelle enthält die Reſultate, welche die Phyſiker mittelſt der vorigen verſchiedenen Verfahrungsarten gefunden haben, zuſammengeſtellt, in der Ordnung des größern Leitungsvermögens der Metalle.

(Hier folgt die Tabelle.)

---

* Schweigg. J. XLVI. 141.

** Ann. de Ch. et de Phys. XXXII. 420 (auszug. in Schweigg. J. XLIV. 339.

*** El. de phys. I. 784.

Es folgt aus dieſer Tabelle, daß die Reſultate der Beobachter zwar in vielem Bezuge hinſichtlich der Reihenfolge und ſelbſt des Verhältniſſes des Leitungsvermögens der Metalle übereinſtimmen, ſo namentlich, daß Kupfer und Silber zu den beſten, Blei, Eiſen und Zinn zu den ſchlechteſten metalliſchen Elektricitätsleitern gehören, daß Platin und Eiſen ungefähr gleichen Leitungswerth beſitzen u. ſ. w., daß aber doch hinſichtlich der nähern Beſtimmungen wieder namhafte Abweichungen derſelben von einander Statt finden. Indeß ergiebt ſich ein Erklärungsgrund dieſer Abweichungen, ohne daß man die Genauigkeit der Beobachter in Zweifel zu ziehen braucht, aus der Tabelle ſelbſt, wenn man berückſichtigt, wie ſehr nach Pouillet's Reſultaten kleine Beimiſchungen fremder Metalle das Leitungsvermögen modificiren können; und in Betracht nimmt, daß die wenigſten Beobachter ganz reine Metalle angewandt haben möchten. Ja ſelbſt der Zuſtand der Oberflächen der Metalle ſcheint von Einfluß zu ſeyn; in ſofern Ohm bemerkte, daß von zwei Stücken Silberdraht, die beide durch Reduction aus Chlorſilber erhalten waren, das eine, für welches die Angabe in der Tabelle gilt, ſchlechter, das andre aber beſſer als Kupfer leitete. In der That unterſchieden ſich beide in Nichts, als daß das erſte mit einer Oelhaut, die es beim Ziehen angenommen hatte, überzogen, die Oberfläche des andern aber ſorgfältig gereinigt war, und hieraus würde zugleich erhellen, daß das Silber, in Uebereinſtimmung mit Davy und Pouillet, in der That noch beſſer leitet, als das Kupfer.

Weit minder genaue Beſtimmungen als über das Leitungsvermögen der Metalle beſitzt man über das Leitungsvermögen anderer Körper. Wirklich beſchränken ſich dieſelben meiſt auf die Angabe, ob eine feſte Subſtanz, in eine galvaniſche Kette eingebracht, die Strömung unterbricht; welche Angaben aber begreiflich nichts Abſolutes haben können, da es hiebei weſentlich auf die Stärke der Kraft, von welcher die Strömung hervorgebracht wird (Zahl und Beſchaffenheit der Plattenpaare), und die Größe des Geſammtwiderſtandes in den übrigen Theilen der Kette ankommen muß, ob die Strömung durch die eingebrachte Subſtanz merklich auf Null reducirt werden kann, oder nicht. Ueberdies vermißt man bei den meiſten dieſer Angaben eine Beſtimmung der Dimenſionen der Körper, welche angewandt wurden. Indeß mögen doch folgende Angaben hier Platz finden.

Nach Walker * verhielten ſich bei Unterbrechung der die Pole, ſowohl der einfachen Kette als der Volta'ſchen Säule, verbindenden Leitungsdrähte des Multiplicators, ſowohl in größern Stücken, als in der Dicke einer Linie, als

* Pogg. Ann. IV. 443.

Nichtleiter:

Trocknes Papier, geleimt und ungeleimt, geſchmolzenes Chlorſilber, Knanſilber, Chlorblei, Jodblei, Knanqueckſilber, Kupferoxyd, Chlorantimon, Knancſen, natürliches Schwefelantimon, trocknes Kalihydrat, künſtliches Schwefelblei, Mennig, Eiſenoxydul-Oxyd, Salpeter, kryſt. Glauberſalz, kryſt. Eiſenvitriol, Kohle von eichenem Holze.

Leiter:

Lindenkohle (ſehr guter Leiter), geſchmolzenes Chlorantimon und Bleiſuperoxyd in viel höherem Grade als Manganſuperoxyd.

Außerdem verweiſe ich noch auf die Reſultate von Poggendorff und Humboldt, die blos mit einfachen Ketten experimentirten, und deren Literatur Th. II. S. 274 angegeben iſt *.

Bemerkt mag werden, daß man in dem Leitungsvermögen der Kohle ſehr bedeutende Unterſchiede findet, indem ſie ſtets um ſo beſſer leitet, je ſtärker ſie geglüht iſt, ſo daß nicht gehörig ausgeglühte Kohle ſogar Nichtleiter iſt. Dies haben die Unterſuchungen von Chevreuſe und andern gelehrt, und die Widerſprüche mehrerer Beobachter in Bezug auf dieſelbe erklären ſich dadurch hinlänglich. — Auch kommt es dabei mit auf den Aggregatzuſtand der Kohle an; ſo fand Bruguatelli die trocknen und harten Kohlen, welche bei der zerſtörenden Deſtillation vegetabiliſcher Theile, z. B. der Benzoe, der Stärke, des Mehls u. ſ. w. zurückbleiben, nichtleitend, und die Kohlen aus harten Hölzern minder gut leitend, als Kohlen aus weichem Holze; die aber ebenfalls durch Pulvern zum Nichtleiter werden. Der Diamant ſelbſt verhält ſich als Iſolator **. — Nach Davy wirkte ein Kohlenſtück von gut verkohltem dichten Buchsbaumholz, das bei $\frac{1}{10}$ Zoll Breite $\frac{1}{20}$ Zoll Dicke und 1, 2 Zoll Länge hatte, zwiſchen großen Flächen Platin in den Schließungskreis einer Volta'ſchen Batterie gebracht, eben ſo gut leitend, als ein 6 Zoll langer Platindraht von $\frac{1}{30}$ Zoll Durchmeſſer. Hienach würde Platin 584,5 mal ſo gut als ſolche Kohle leiten.

Zu den Umſtänden, welche das Leitungsvermögen der feſten Leiter modificiren, gehört angegebnermaßen auch ihre Temperatur, und zwar in der Art, daß es mit derſelben beträchtlich, obwohl in einem bis jetzt noch nicht beſtimmten Verhältniſſe, abnimmt. Davy war es zuerſt, der dieſen Umſtand nachwies ***.

Indem er ſich dabei des oben beſchriebenen Apparats bediente, fand er, daß, wenn der verbindende Draht, ein $\frac{1}{10}$ Zoll dicker Platindraht, unter Oel kalt erhalten wurde, nur ein ſo geringer Ver-

* Hiezu ſind noch die Data von Ritter (in d. Denk. I. H. 4. S. 226) zu fügen.

** Vergl. die Literatur Th. II. S. 274.

*** Gilb. LXXI. 249.

hältniktheil El. durch den Waſſerzerſetzungsapparat hindurchgieng, um keine Waſſerzerſetzung mehr zu geſtatten, dagegen dieſe eintrat, wenn der Draht ſich in der Luft befand, wo die Entladung ihn erhitzte.

Hiebei fand er es einerlei, ob die Hitze des Drahts durch die El. ſelbſt, oder ob ſie von irgend einer andern Urſach hervorgebracht wird. Ein Platindraht z. B., der eine ſolche Länge und Dicke hat, daß er eine gewiſſe Anzahl von Plattenpaaren entladet, ohne dadurch merklich erhitzt zu werden, verliert, wenn ein Theil deſſelben mittelſt einer Weingeiſtflamme rothglühend gemacht wird, das Vermögen, merklich die ganze El. dieſer Batterie bis zum Verſchwinden der Gasentbindung im Seitenapparat durch ſich hindurch zu laſſen.

Davy giebt folgende ſehr intereſſante Art an, den ſchwächenden Einfluß der Temperaturerhöhung der Leiter auf die Kraft des Stroms nachzuweiſen. Hat man in einem Volta'ſchen Kreiſe einen 4 bis 5 Zoll langen, ſo dünnen Platindraht angebracht, daß die El., welche durch ihn hindurchgeht, ihn in ſeiner ganzen Länge rothglühend macht, und bringt nun irgend einen Theil deſſelben durch die Flamme einer Spirituslampe, welche man darunter hält, zum Weißglühen, ſo erkaltet augenblicklich der Ueberreſt des Drahtes bis unter die Temperatur des ſichtbaren Glühens. Und hält man umgekehrt an irgend eine Stelle des rothglühenden Drahtes ein Stück Eis oder treibt auf ſie einen Strom kalter Luft, ſo werden augenblicklich alle andern Theile des Drahtes viel heißer, und kommen vom Rothglühen zum Weißglühen.

Ohm hat dieſe ſchwächende Einwirkung der Temperaturerhöhung auch für die Leiter in der thermoelektriſchen Kette nachgewieſen *.

In welchem Verhältniſſe das Leitungsvermögen der Metalle mit ihrer Temperatur abnehme, iſt jetzt noch ſo gut als unausgemittelt. Dagegen erſcheint es ſehr merkwürdig, daß das Leitungsvermögen der Metalle genau das umgekehrte ihrer Fähigkeit, ſich durch die Entladung von ſelbſt zu erhitzen, zu ſeyn ſcheint, wie aus der faſt vollkommenen Zuſammenſtimmung der, dieſe Erhitzung als Maßſtab zu Grunde legenden, Harris'ſchen Verſuchsreihe in vielen Zahlwerthen mit den Reſultaten, die nach den andern Verfahrungsweiſen gefunden wurden, erhellt, während die Abweichung der andern Zahlwerthe nicht größer iſt, als ſie auch unter den andern Verſuchsreihen ſelbſt Statt findet. Ein Verſuch von Davy ** ſpricht ebenfalls dafür; denn er fand, daß, während ein ſilberner Schließungsdraht die Temperatur des Oels, in dem er ſich befand, nur um 4° vermehrte, einer von Platin ſie um 22° erhöhete, welche Zahlen ſich

* Schweigg. J. XLVI. 154.
** Ebd. LXXI. 259.

wie 1 : 5½ verhalten, während ſich die von Davy beſtimmten Leitungsvermögen dieſer Metalle wie 1 : 6 verhalten, was bei ſolchen Verſuchen keine große Abweichung iſt.

Ein intereſſanter Verſuch kann dienen, dieſe verſchiedene Fähigkeit der Metalle, ſich unter dem Einfluß der Kette zu erhitzen, nachzuweiſen. Bildet man einen Schließungsbogen einer kräftigen galvaniſchen Batterie aus an einander gelötheten abwechſelnden Gliedern Platindraht und 4 bis 5mal dickerm Silberdraht, ſo werden die Glieder von Silber nicht merklich warm, alle Glieder von Platin aber kommen heftig und gleichmäßig zum Glühen.

Es iſt bemerkenswerth, daß es nach der übereinſtimmenden Angabe aller Beobachter beim Leitungswiderſtand der Drähte nicht auf die Größe ihrer Oberfläche, ſondern blos auf die Größe ihres Querſchnitts, gleichviel wie dieſer geſtaltet ſeyn möge, ankommt, ſo daß zwei metallene gleichartige Leiter ſtets den nämlichen Leitungswiderſtand äußern werden, wenn ſie bei gleicher Länge gleiches Gewicht beſitzen.

Vollkommen beweiſend ſind in dieſer Hinſicht die Verſuche Davy's und Ohm's. Erſterer* ließ von zwei gleich langen und gleichviel wiegenden Platindrähten den einen flach walzen, ſo daß er eine 6 bis 7mal größere Oberfläche erhielt, und verglich nun das Leitungsvermögen beider nach der Art, wie ſie die Wirkung in einem, in demſelben Kreiſe befindlichen, Waſſerzerſetzungsapparate modificirten. In der Luft zeigte ſich nun zwar der abgeplattete Draht als der beſſere Leiter, jedoch nur aus dem Grunde, weil ſich ſeine durch den Galvanismus hervorgebrachte Hitze, welche das Leitungsvermögen vermindert, ſchneller abkühlte; als aber beide Drähte von Waſſer umgeben waren, ließ ſich keine Verſchiedenheit in ihrem Leitungsvermögen wahrnehmen. Aehnliche Erfolge erhielt Ohm** in einer thermoelektriſchen Kette.

Dieſes Reſultat kann dem erſten Anblick nach etwas auffallend ſcheinen, da wir wiſſen, daß die gewöhnliche El. ſich immer nur auf der Oberfläche der Körper verbreitet. Allein wir müſſen berückſichtigen, daß wir es in der Kette nicht, wie bei den Verſuchen im zweiten Theile dieſes Werks, mit einer ins Gleichgewicht gekommenen El. zu thun haben, für welche allerdings jener Umſtand gültig iſt, ſondern mit einer in Bewegung befindlichen, und nichts würde uns berechtigen, auf letztere die Anordnungsverhältniſſe anzuwenden, die für jene gelten, da jene Verhältniſſe ja eben erſt ein Reſultat des eingetretenen Gleichgewichts ſind.

Die Verſuche Davy's lehren noch ferner, daß der Leitungswiderſtand, den ein einfacher Draht, und den mehrere parallel ſich berührende Drähte äußern, derſelbe iſt, wenn letztre Drähte bei glei-

* Gilb. LXXI. 253.
** Vergl. S. 194.

cher Länge und Materie zusammengenommen das nämliche Gewicht besitzen, als der einfache Draht; — ja es ist selbst nicht nöthig, daß die Drähte sich berühren, damit diese Gleichheit Statt finde, wie mindestens aus Ohm's Versuchen* an der thermoelektrischen Kette hervorgeht.

Man findet sehr häufig, daß das Hinzubringen einer sehr beträchtlichen Drahtlänge in die Kette dieselbe nicht, oder nicht merklich schwächt, während dieselbe Drahtlänge in andern Ketten eine ausnehmend starke Verminderung der Kraft hervorbringt. Dies hängt mit dem im 16ten Capitel erörterten allgemeinen Gesetze zusammen, zufolge dessen der Widerstand eines schließenden Leiters eine Kette nur nach dem Verhältniß schwächt, in welchem er in den Gesammtwiderstand der Kette eingeht, daher diese Schwächung um so weniger betragen wird, je näher er dem Verschwinden in Verhältniß zum übrigen Leitungswiderstand ist. Nun ist der übrige Leitungswiderstand um so größer:

1) je kleiner die erregende Oberfläche ist, weil der Widerstand des Uebergangs und in der Regel der Flüssigkeit im umgekehrten Verhältniß der erregenden Oberfläche wächst;

2) je größer die Anzahl der Plattenpaare in der Kette ist, weil sich hiemit nicht nur die Strecke des flüssigen Leiters, sondern auch der Widerstand des Uebergangs vervielfältigt;

3) je schlechter die Leitungsflüssigkeit ist; theils wegen des eigenthümlichen Leitungswiderstandes, den sie bedingt, theils weil sie einen größeren Widerstand des Uebergangs hervorbringt;

4) je später die Wirkungsperiode der Kette ist, weil der Widerstand des Uebergangs im Laufe des Geschlossenseyns der Kette immer mehr zunimmt.

Je mehr daher einer dieser Umstände, oder je mehr diese Umstände vereint Statt finden, um so weniger wird das Hinzubringen einer gewissen Drahtlänge in die Kette dieselbe schwächen, was man auch so ausdrücken kann:

Je geringer die Kraft einer Kette schon vermöge des in ihr vorhandenen Leitungswiderstandes ist, um so weniger wird dieselbe verhältnißmäßig durch das Hinzubringen einer großen Drahtlänge oder sonst eines Leiters geschwächt werden können.

Noch bevor die Theorie auf diesen allgemeinen Satz hingewiesen hatte, hat Schweigger** denselben, ungefähr in der letzten Form, als ein Erfahrungsergebniß ausgesprochen, und folgenden Versuch zum Belege angeführt.

In Fig. 35 sind a und b zwei mit leitender Flüssigkeit gefüllte Gefäße, in welche die Kupferplatten k, k', k'' und die Zinkplatte z tauchen. Von sämmtlichen 4 Platten gehen Drähte in mit Queck-

* Schweigg. J. XLIX. 3.
** Schweigg. J. XLIX. 119. 361.

ſilber gefüllte Schälchen m, n, o, p über, von denen die mittlern durch einen Draht c, dem man verſchiedene Längen geben kann, die äußern durch einen Multiplicator d, um die Stärke des Stroms dadurch zu ſchätzen, verbunden werden.

Bei näherer Betrachtung dieſer Vorrichtung erkennt man leicht, daß ſie nichts anders als eine einfache Kette darſtellt, deren erregende Platten z und k' ſind, die durch das Queckſilber der Schälchen n, o und den Draht c mit einander in Verbindung ſtehen, und daß der Weg des Stroms iſt: zkmdpk"k'onz.

Geſetzt nun, man bringe gemeines Brunnenwaſſer, welches nur eine ſchlecht leitende Flüſſigkeit iſt, in die Gläſer, ſo wird es in Beziehung auf den Ausſchlag der im Multiplicator befindlichen Magnetnadel keinen wahrnehmbaren Unterſchied machen, ob man den Draht c, welcher die Queckſilberſchalen n, o verbindet, länger oder kürzer nimmt, z. B. mit einem einfachen kurzen Meſſingdraht, oder einem Gewinde von mit Seide umſponnenem Meſſingdraht, wie ſolches gewöhnlich verkauft wird *. Ja man darf ſelbſt, faſt unbeſchadet der merklichen Gleichheit dieſer Wirkungen, dem Brunnenwaſſer ein klein wenig Säure, z. B. Salzſäure zuſetzen. Sobald man aber mehr Säure dem Waſſer beifügt, ſo tritt ein außerordentlicher Unterſchied ein, je nachdem mittelſt eines längern oder kürzern Bogens die Kette geſchloſſen wird; und ſelbſt ſchon bei Anwendung von Salmiakwaſſer iſt dieſer Unterſchied ſehr merklich.

Noch einfacher läßt ſich zur Anſtellung dieſes Verſuchs die S. 170 beſchriebene Anordnung benutzen; und bei ſenkrecht auf die Windungen geſtellter Nadel hiebei zugleich die Stärke des Stroms meſſen.

Der eben angeführte Verſuch bezieht ſich auf den dritten der S. 216 angegebenen Puncte. Was den erſten und zweiten betrifft, ſo werde ich die Belege dafür im 21ſten Capitel geben. Für den vierten mögen einige Belege aus meinen eigenen, mittelſt der Methode der Oscillationen angeſtellten, Verſuchsreihen folgen.

I.

Ein einfaches Plattenpaar Zink-Kupfer ward mittelſt des Multiplicators in Brunnenwaſſer zur Kette geſchloſſen. Der Apparat war ſo angeordnet, wie S. 216 beſchrieben worden, ſo daß der kurze Verbindungsdraht l ſucceſſiv mit großen Drahtlängen, welche bei nachſtehenden Verſuchen die 10fache und die 22,5fache Länge des Multiplicators betrugen, ohne Oeffnung der Kette vertauſcht werden konnte. Die anfängliche Kraft der Kette wurde durch 8,87 repräſentirt, bei Hinzubringung von 10 Drahtlängen durch 3,84, bei

* Man kann auch, während m und p durch den Multiplicator verbunden ſind, an z und k' zwei Stanniolſtreifen befeſtigen, die abwechſelnd entweder unmittelbar unter ſich, oder mit den Enden eines zwiſchen ſie gelegten Drahts oder Drahtgewindes in Berührung gebracht werden.

Hinzubringung von 22,5 Längen durch 2,36 *. In den ſucceſſiven Wirkungsperioden verhielten ſich die Kräfte der Kette ohne und mit Zwiſchendraht folgendermaßen:

Zeitperiode.	Kraft der Kette ohne Zwiſchendraht	Kraft der mit dem Mult. plus 10 Drahtlängen geſchloſſenen Kette.	Kraft der mit dem Mult. plus 22,5 Drahtlängen geſchloſſenen Kette.	Verhältniß der Kräfte.
0 Min.	8,87	3,84	2,36	1 : 0,433 : 0,266
15 Min.	1,27	0,989	"	1 : 0,779 : "
30 Min.	1,16	0,907	0,715	1 : 0,791 : 0,608
3 St.	0,815	0,661	0,549	1 : 0,801 : 0,674
19 St.	0,648	0,549	0,451	1 : 0,847 : 0,695

II.

Eine mit der vorigen vergleichbare Kette, welche aber mit Hinzubringung von 54 Drahtlängen geſchloſſen iſt, von welchen bei jedem Verſuch 31,5 Längen weggenommen werden.

Zeitperiode.	Kraft der mit dem Multiplicatordraht plus 54 Längen geſchl. Kette.	Kraft der mit dem Multiplicatordraht plus 22,5 Längen geſchl. Kette.	Verhältniß der Kräfte.
0 Min.	1,22 **	2,36	1 : 1,94
15 Min.	0,737	1,35	1 : 1,83
45 Min.	0,556	0,947	1 : 1,70
2 St. 5 Min.	0,433	0,629	1 : 1,45
4 St.	0,392	0,544	1 : 1,37
10 St. 30 M.	0,353	0,460	1 : 1,30
20 St.	0,308	0,412	1 : 1,30

* Bei einer Erdkraft = 165 t zu 20 Sec. wurden bei Schließung der Kette mit dem bloßen Multiplicator 10,5 t zu den erſten 4 Sec. erfordert; bei Schließung durch ihn und durch die 10fache Länge 15 t, und bei eingebrachter 22,5facher Länge 18 t.

** 22 t zu den 4 erſten Sec. bei einer Erdkraft = 164 t zu 20 Sec.

III.

Verſuch mit einer Säule aus 3 Plattenpaaren Zink-Zinn, übrigens wie bei vorigen Verſuchen.

Zeitperiode.	Kraft der mit dem Mult. eines 28,5 langen geſchloſſenen Kette.	Kraft der mit dem bloßen Mult. geſchloſſenen Kette.	Verhältniß der Kraft.
0 Min.	1,98	nicht gemeſſen	?
15 Min.	0,737	0,954	1,29
1 St.	0,433	0,521	1,23
5 St. 15 M.	0,273	0,306	1,09
13 St.	0,195	0,195	1,00

Vergleicht man die Zahlen der letzten Columne in dieſen Verſuchsreihen, ſo findet man, daß das Verhältniß, um welches die Kraft durch Hinzubringung einer gewiſſen Drahtlänge in die Kette ſinkt oder durch Wegnahme ſteigt, immer mehr abnimmt, in einen je ſpätern Zeitraum die Wirkungsperiode der Kette fällt; ja bei der letzten Verſuchsreihe war zuletzt ein Punct eingetreten, wo es gar keinen bemerklichen Unterſchied mehr machte, ob die Kette blos durch den Multiplicator oder deſſen 29,5fache Länge geſchloſſen war, ein Punct, zu dem man übrigens auch bei Zink-Kupferketten aus mehreren Plattenpaaren gelangen kann.

Ich könnte noch mehr dergleichen Verſuchsreihen hinzufügen; indeß mag es an dem allgemeinen Reſultat ſehr vielfach von mir angeſtellter Beobachtungen genügen; daß ich dieſes immer kleiner werdende Verhältniß, in welchem die Schwächung durch hinzugebrachte Drähte erfolgt, bei den verſchiedenſten Oberflächen, der verſchiedenſten Stärke der Leitungsflüſſigkeit und überhaupt den verſchiedenſten Umſtänden der Kette ſtets als Begleiter der fortſchreitenden Wirkungsabnahme der Kette beobachtet habe.

In Zuſammenhang mit den vorigen Erörterungen und Thatſachen ſtehen mehrere Umſtände, welche die Wirkungsverſtärkung durch den Multiplicator betreffen, und die man gefaßt haben muß, um zu wiſſen, was und in welchen Fällen ſich etwas von dieſem Inſtrumente erwarten läßt: denn ſchon früher haben wir angegeben, daß ſeine Anwendung nicht in allen Fällen von gleichem Vortheil iſt, ja daß es Fälle geben kann, wo die Magnetnadel durch einen kurzen dicken Schließungsdraht eine ſtärkere Einwirkung erfährt, als durch den Multiplicatordraht.

Wenn man einen Draht von gleichbleibender Länge nimmt und dieſen erſt eine, dann zwei, dann drei Windungen u. ſ. f. um die Nadel machen läßt, ſo nimmt die dadurch anzuzeigende Wirkung im geraden Verhältniß der Zahl der Windungen zu, wie wir früher an-

gegeben haben, wenigstens insofern die Windungen als in merklich gleicher Entfernung von der Nadel befindlich angenommen werden können, was wir hier vorläufig immer voraussetzen wollen. Von diesem Gesichtspunct aus betrachtet kann daher ein Multiplicator mit möglichst vielen Windungen nur vortheilhaft seyn. Allein zu einer großen Anzahl Windungen wird auch ein langer Draht erfodert, während zu wenigen Windungen ein kurzer hinreicht, und es fragt sich, ob der vermehrte Leitungswiderstand, den diese größere Drahtlänge in die Kette bringt, nicht unter gewissen Umständen den Vortheil der vielen Windungen compensiren könne. In der That ist dies der Fall.

Um dies zu zeigen, wollen wir uns eine einfache Kette von so großer erregender Oberfläche und mit so guter Leitungsflüssigkeit denken, daß der Widerstand der Flüssigkeit und des Uebergangs im Gesammtwiderstande gar nicht in Betracht kommt, sondern gegen den Widerstand des Multiplicators merklich verschwindet, dieser mithin allein neben der elektromotorischen Kraft die Kraft der Kette bestimmt. Da wir nun wissen, daß die Kraft der Kette im geraden Verhältniß des Gesammtwiderstandes steht, der in ihr vorhanden ist, so wird sie im jetzigen Fall im geraden Verhältniß der Verlängerung des Multiplicatordrahts abnehmen, der hier den Gesammtwiderstand merklich allein repräsentirt. Verlängert man also in diesem Fall den Multiplicatordraht, um ihn immer mehr Windungen um die Nadel machen zu lassen, so wird man durch vermehrte Windungszahl nichts anderes erlangen, als die Schwächung des Stroms durch den zugleich vermehrten Leitungswiderstand gerade zu compensiren, so daß mithin eine noch so sehr vermehrte Anzahl Windungen die Wirkung weder vergrößern noch schwächen wird. Die Wirkung wird in diesem Fall ganz dieselbe seyn, wie sie eine einzige Windung des Multiplicators von derselben Dicke, als der Draht besitzt, hervorgebracht haben würde, so daß man durch Vertauschung des Multiplicators mit einem einmal umschlungenen aber dickern Draht eine stärkere Wirkung erlangen wird, als mittelst des Multiplicators selbst *.

Natürlich wird gerade das umgekehrte Verhältniß eintreten müssen, wenn der Widerstand des Multiplicatordrahts gegen den übrigen Leitungswiderstand der Kette verschwindet, also bei kleinen Platten und schlechter Leitungsflüssigkeit, insbesondere wenn mehrere dergleichen Platten zur Säule vereinigt sind. In der That kann in diesem Fall eine Verlängerung des Multiplicatordrahts bis zu gewissen Gränzen gar keinen merklichen Einfluß auf die Wirkung haben, wie wir denn oben ein Beispiel sahen, wo die Kraft merklich dieselbe blieb, ob eine einfache oder 29½fache Drahtlänge die Kette schloß. In diesem

* Begreiflich würde dies im höchsten Grade bei thermoelektrischen Ketten eintreten, wo weder ein Widerstand der Flüssigkeit noch des Uebergangs vorhanden ist. Daher die im 14ten Capitel gegebenen Regeln.

Fall wird alſo die vervielfältigende Wirkung des Multiplicators ganz rein in Kraft treten und die Anzeige deſſelben wird wirklich in geradem Verhältniß der Anzahl ſeiner Windungen ſtehen, übrigens unabhängig von der Materie und Dicke ſeines Drahts ſeyn.

Nach denſelben Grundſätzen läßt ſich nun auch beurtheilen, wenn es vortheilhafter iſt, einen Multiplicator aus einem einzigen langen und dünnen, eine Continuität bildenden, Drahte mit vielen Windungen, oder einem kürzern aber dickern Drahte mit weniger Windungen, oder was dem letztern äquivalent iſt, aus mehrern kürzern parallelen Drähten, wie S. 83 angegeben worden, anzuwenden: erſteres in allen Fällen, wo der Leitungswiderſtand in der Kette groß, letzteres, wo er gering iſt.

Hinſichtlich der Multiplicatoren aus mehrern parallelen Drähten iſt in dieſem Bezug beſonders an die Erörterungen des 17ten Capitels zu erinnern. Der Strom theilt ſich zwiſchen den parallelen Drähten des Multiplicators, und die ganze Verſtärkung, die man erhält, je nachdem man einen, zwei oder mehrere parallele Drähte anwendet, beruht ſomit einzig darauf, daß mehrere parallele Drähte einem dickern Drahte gleich wirken, welcher wegen ſeines geringern Leitungswiderſtandes eine größere Stromſtärke verſtattet. In allen den Fällen daher, wo eine vermehrte Dicke des Drahts die Wirkung nicht merklich verſtärken würde, wegen Verſchwindens gegen den übrigen Leitungswiderſtand, wird auch die Hinzufügung von noch ſo vielen parallelen Drähten nichts weiter zur Wirkungsverſtärkung beitragen können; ja die Wirkung auf die Nadel wird geſchwächt werden müſſen, wenn die äußerſten Drähte in zu große Entfernung von der Nadel kommen, ganz aus demſelben Grunde, warum ein breiter Streifen ſchwächer auf die Nadel wirken kann, als ein ſchmaler (vergl. S. 167). Jedenfalls wird bei immer weiterer Vermehrung der parallelen Drähte zuletzt eine Gränze erreicht werden müſſen, von wo an dieſer letzt erörterte Fall eintritt, weil man damit zuletzt dahin gelangen muß, daß der Leitungswiderſtand dieſer Drähte zuſammengenommen gegen den übrigen Widerſtand nicht mehr in Betracht kommt.

So weit Erfahrungen über den betreffenden Gegenſtand vorhanden ſind, ſind ſie reine Beſtätigungen der vorſtehenden Erörterungen. Die erſten Verſuche hierüber beſitzen wir von Poggendorff *. Dieſer, um die Bedingung, daß alle Windungen gleich weit von der Nadel abſtänden, möglichſt zu erfüllen, verſah ſich mit dem feinſten Meſſingdrahte, der noch zu überſpinnen iſt, und umgab die Nadel ſucceſſiv mit 1, 2, 3 parallelen Drähten, jeden von 100 Windungen. Die Kette, die mittelſt des ſo conſtruirten Multiplicators geſchloſſen wurde, war ihren übrigen Theilen nach bei den ſucceſſiven Verſuchen die nämliche. Die Abweichungen der Magnetnadel waren folgende:

* Oken's Iſis 1821. S. 693.

Zahl der Drähte.	Grade der Abweichung.
1	45°
2	50°
3	55°
4	59° bis 60°
5	62°
6	63°
7	64°
8	65°
9	65½°
10	66°
11	66°
12	66°
13	66°

Es erhellt alſo, daß vom 10ten parallelen Drahte an eine Hinzufügung von noch mehr parallelen Drähten nichts weiter zur Wirkungsverſtärkung beitrug. Auf dieſes allgemeine Reſultat ſind die Folgerungen aus obiger Verſuchsreihe zu beſchränken. Denn angegebenermaßen können die Abweichungen durch den Multiplicator kein genaues directes Maß, ſondern blos größere oder kleinere Differenzen der Stromkraft anzeigen.

Poggendorff unterſuchte nun auch den Einfluß, den eine vermehrte Länge des Drahts mit zugleich vermehrter Anzahl von Windungen des Multiplicators auf die Stärke der Anzeige hat, und zwar ſtellte er hiebei die Vergleichung mit zwei verſchiedenen Ketten an, die ſich blos in der Größe ihrer erregenden Oberfläche unterſchieden, indem die Fläche der kleinern ſich zur Fläche der größern wie 1 : 120 verhielt. Es wurden folgende Reſultate erhalten:

Zahl der Windungen.	Grade der Abweichung bei der großen err. Oberfl.	bei der kleinen err. Oberfl.
1	10°	1 — 1½°
5	22°	8°
10	27°	10°
25	30°	15°
50	35° — 40°	25°
75	40°	32°
100	40°	38°
200	40°	40°
300	40°	38°
400	40°	39°
500	40°	42°
600	40°	40°
700	40°	40°
800	40°	40°
900	40°	40°
1000	40°	40°

Wie man ſieht, wurde zuletzt bei beiden Ketten eine Gränze erreicht, von wo an weitere Vermehrung der Windungen nichts weiter zur Wirkungsverſtärkung beitrug. Das erreichbare Maximum der Wirkung trat ſpäter bei der kleinen, als bei der großen Kette ein, war aber bei beiden an Größe das nämliche, wie denn in der That der an ſich geringere Widerſtand in der großen Kette gegen die Drahtlänge eher verſchwinden muß, als in der kleinen. Iſt er aber einmal verſchwunden, ſo wird dann die große Kette und die kleine gleich wirken müſſen, da das, was ihren Unterſchied ausmachte, nun nicht mehr in Betracht kommt.

Verſuche, welche zu ähnlichen allgemeinen Reſultaten führen, hat Pfaff* angeſtellt. Da jedoch offenbar kein conſtanter Zuſtand der Kette bei denſelben Statt fand, wie aus der Anſicht der Verſuche ſelbſt erhellt**, ſo ſind dieſe Reſultate nicht vergleichbar genug, um hier angeführt zu werden.

Endlich hat auch Ohm*** nicht nur die Theorie des Multiplicators aufs beſte erläutert und durch Formeln repräſentirt †, ſondern auch durch Verſuche die beiden, aus obigen Erörterungen fließenden, Sätze in der Erfahrung nachgewieſen: 1) daß die Wirkung eines Multiplicators in Fällen, wo ſein Leitungswiderſtand gegen den der übrigen Kette verſchwindet, blos von der Anzahl ſeiner Windungen, aber weder von der Dicke noch der Materie des dazu gebrauchten Drahtes abhängt; 2) daß in demſelben Falle die Wirkung zweier Multiplicatoren, die eine verſchiedene Anzahl von Windungen erhalten haben, mit dieſer Zahl in geradem Verhältniſſe ſteigt und fällt.

Da das Verfahren, mittelſt deſſen die Reſultate gefunden wurden, etwas complicirt iſt, ſo verweiſe ich hinſichtlich ihrer Bewährung auf Ohm's eigene Abhandlung.

---

* Elektromagnetismus S. 110.

** Denn unmöglich hatten zuletzt mehr Plattenpaare unter übrigens gleichen Umſtänden eine kleinere Wirkung geben können, als wenigere.

*** Schweigg. J. LV. 1.

† Bezeichnet **A** die in der Kette vorhandene elektromotoriſche Kraft, **l** den Leitungswiderſtand, den Eine Windung des Multiplicator-Drahts darbietet, **L** den Leitungswiderſtand der Kette ohne den Multiplicatordraht, **n** die Anzahl der Windungen des Multiplicators, ſo iſt die Größe der Kraft, welche der Multiplicator anzeigt, dem Ausdruck proportional

$$\frac{n\,A}{L + n\,l}$$

Zwanzigstes Capitel.

Vom Leitungswiderstande der Flüssigkeit und des Ueberganges in der Kette.

Es ist im 16ten Capitel gezeigt worden, daß neben dem eigenthümlichen Widerstande der Flüssigkeit in der Kette noch ein anderer Widerstand in Betracht kommt, den ich Widerstand des Uebergangs genannt habe, und welcher sich mit der Beschaffenheit der Flüssigkeit ändert.

In der That hat sich mir durch messende, nach dem S. 199 beschriebenen Verfahren angestellte, Versuche ergeben, daß dieser Widerstand bei übrigens gleich construirten Ketten, von denen aber die eine mit Brunnenwasser, die andre mit salzsaurem Wasser geschlossen ist, in gleichen Zeiträumen von Schließung der Kette an, bedeutend geringer bei letzterer ist, ja daß dieser Widerstand, wenn er in Brunnenwasser schon zu einem hohen Grade gediehen ist, wieder abnimmt, wenn man der Flüssigkeit Säure hinzufügt. Zugleich aber habe ich gefunden, daß auch der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit selbst durch Hinzufügung von Säure sehr verringert wird, wiewohl nicht nach gleichen Verhältnissen mit dem Widerstand des Uebergangs. Ich würde specielle Resultate zum Belege anführen, wenn ich nicht noch mehrere verknüpfende Versuche in Bezug darauf anzustellen wünschte, wonach ich diesen Gegenstand in größerer Vollständigkeit in meinen galvanischen Maßbestimmungen abzuhandeln gedenke.

Zwar sind auch von andern Seiten Erfahrungen vorhanden, welche für die angegebenen Umstände sprechen; da jedoch diese meist an Zwischenplatten, und zwar im Allgemeinen nicht im ersten Anfange von der Schließung an angestellt worden sind, so läßt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden, wie viel davon auf Rechnung der elektromotorischen Entgegensetzung kommt, in welche die Zwischenplatten im Laufe des Geschlossenseyns der Kette gegen die ursprünglich erregenden Platten, den Erfahrungen, die im 23sten Capitel angeführt werden sollen, zufolge gerathen. Um daher nicht zweideutige Erfahrungen als Beweise anzuführen, will ich weiterhin blos einige auf die Erregerplatten selbst sich beziehende Erfahrungen mittheilen, im Uebrigen aber auf die Literatur hieher gehöriger Versuche verweisen*.

So viel erhellt jedenfalls aus Vorstehendem, daß man sehr Unrecht thun würde, wenn man Veränderungen in der Kraft der Kette, die bei Veränderung der Leitungsflüssigkeit eintreten, blos auf Rechnung eines veränderten eigenthümlichen Leitungsvermögens, oder

---

* De la Rive in Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 283. — Jäger in Gilb. XXIII. 77. — Nobili in Schweigg. J. LIII. 435. — Marianini in f. Saggio di esp. etc. — Davy in Schweigg. J. LII. 60.

was daſſelbe ſagt, Leitungswiderſtandes der letztern ſchreiben wollte. Deſſen ungeachtet iſt dies bisher faſt allgemein geſchehen, und erſt neuerlich hat de la Rive die Berückſichtigung jenes Widerſtandes des Uebergangs, auf den er durch die Erſcheinungen der Zwiſchenplatten geführt worden war, dabei in Anregung gebracht. Deshalb ſind auch alle Angaben, die man bisher über das ſogenannte Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten hat, nur als zuſammengeſetzte Ergebniſſe gültig, weil ſie in der That ſtets den Widerſtand des Ueberganges zugleich mit betreffen, der in den meiſten Fällen ſogar den größten Antheil des Geſammtwiderſtandes beträgt.

Dieſer Bemerkung zufolge will ich, indem ich dieſe zuſammengeſetzten Reſultate hier anführe, den zuſammengeſetzten Widerſtand der Flüſſigkeit und des Ueberganges, auf den ſie ſich beziehen, der Kürze halber mit Widerſtand in der Flüſſigkeit, oder das umgekehrte Verhältniß mit Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit bezeichnen, eine Benennung, deren ich mich ſchon früher in dieſem Bezug bedient habe, es dabei im Allgemeinen unbeſtimmt laſſend, wie viel bei den einzelnen Reſultaten auf Rechnung des einen oder andern ſeiner Elemente kommt *.

Man hat verſchiedentlich verſucht, die Flüſſigkeiten in Bezug auf das in ihnen Statt findende Leitungsvermögen in einer ähnlichen Gradation aufzuführen (S. weiterhin), als wir dies bei den feſten Leitern gethan haben. Allein abgerechnet, daß alle bisherigen Verſuche hierüber gänzlich ohne genaue meſſende Mittel, gänzlich ohne Berückſichtigung der verſchiedenen Wirkungsperioden der Kette, anderer vernachläſſigter Vorſichtsmaßregeln nicht zu gedenken, angeſtellt worden ſind, ſo iſt eine allgemeine Reihenfolge derſelben auch ſchon deshalb unmöglich, weil das Verhältniß dieſes Leitungsvermögens bei den verſchiedenen Flüſſigkeiten nach Beſchaffenheit der Metalle, die durch ſie zur Kette geſchloſſen werden, verſchieden ausfällt **. Die Erfahrung hat in dieſem Bezuge zu folgendem allgemeinen Reſultate geführt.

Das Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit nimmt ab und zu mit der Größe der chemiſchen Einwirkung, welche die heterogenen Metalle der Kette oder homogenen Zwiſchenplatten von ihr erfahren, ſo daß dieſelbe Flüſſigkeit bald ſchlechter bald beſſer zu leiten ſcheinen kann, als eine andere, wenn ſie einmal mit Metallen combinirt wird, die weniger, ein andresmal

* Um jede Verwechſelung zu vermeiden, werde ich in der Folge, wenn ſpeciell von dem Widerſtande die Rede iſt, der dies auf Rechnung der Flüſſigkeit kommt, dieſen ſtets mit dem Namen des eigenthümlichen Widerſtandes der Flüſſigkeit bezeichnen.

** Ob der eigenthümliche Leitungswiderſtand der Flüſſigkeiten bei allen Metallen das nämliche Verhältniß behält, iſt jetzt noch ſo gut als unausgemittelt.

mit ſolchen, die mehr von ihr angegriffen werden, als von der andern Flüſſigkeit.

Dieſer Satz wird durch folgende ſehr bemerkenswerthe Verſuche erläutert.

Prüft man mittelſt des Multiplicators Zink gegen irgend ein anderes Metall durch Eintauchen erſt in deſtillirtes Waſſer, dann, nach zuvorigem Abtrocknen, in rauchender Schwefelſäure, ſo wird in beiden Fällen die Ablenkung der Nadel gering, ja, wenn man ſich nicht eines empfindlichen Multiplicators bedient, null ſeyn. Allein miſcht man beide Flüſſigkeiten zuſammen und prüft beide Metalle von Neuem in der ſo verdünnten Schwefelſäure, übrigens ganz unter denſelben Umſtänden, als das erſtemal, ſo wird man eine außerordentlich heftige Wirkung auf die Nadel erfolgen ſehen.

In Bezug auf dieſen Verſuch iſt zu bemerken, daß ſowohl das deſtillirte Waſſer, als die rauchende Schwefelſäure die in ſie gebrachten Metalle nur unmerklich angreifen, das erſtere wegen Mangel eines Körpers, der es zur Zerſetzung disponirte, die letztre, wegen ihres Waſſermangels. Miſcht man aber Waſſer und Säure zuſammen, ſo kann, Erörterungen der Chemie zufolge, das Waſſer unter dem Einfluß der Säure von den Metallen zerſetzt werden, und in der That ſieht man mit der ſtarken Ablenkung der Magnetnadel in dieſem Fall eine lebhafte Entbindung von Waſſerſtoffgas und Oxydirung des Zinks erfolgen, wofern nur die Säure nicht zu ſehr verdünnt wurde *.

Dieſem Beiſpiele, welches vielleicht das auffallendſte in Bezug auf den vorliegenden Gegenſtand iſt, laſſen ſich noch viele andere, welche zu derſelben Folgerung führen, anſchließen. Ganz wie die Schwefelſäure und das Waſſer in vorigem Beiſpiel, verhalten ſich nach de la Rive's Erfahrung ** auch das Brom und Waſſer zu einander, ſowohl in der chemiſchen Wirkung auf die Metalle, als der elektromagnetiſchen auf die Nadel. Concentrirte Salzſäure und Salpeterſäure wirken für die Combinationen aller leicht oxydirbaren Metalle, ſelbſt wenn ſie ſehr nahe in der elektriſchen Reihenfolge bei einander ſtehen, als ſehr kräftige Leiter; dagegen wirken beide ſehr ſchwach, wenn man Gold und Platin darin zuſammen prüft, in ſo fern beide Metalle von dieſen Säuren einzeln nicht angegriffen werden. Miſcht man aber Salzſäure und Salpeterſäure zuſammen, ſo daß Königswaſſer daraus entſteht, ſo erfolgt eine lebhaftere Wirkung des Goldes und Platins auf die Nadel; und beide Metalle

* Seebeck (Abhandlung der Berl. Ak. 1820 bis 1821) fand, daß das Maximum der Wirkung bei einem Elektromotor aus Zink und Silber eintrit, wenn man die Schwefelſäure (von 1,84 ſpec. Gew.) mit 2 Theilen Waſſer verdünnt. Gewohl concentrirtere als verdünntere Schwefelſäure wirkt ſchwächer. Ein ganz gleiches Reſultat hat Poggendorff (Jahrb. 1821. I. 702) für einen Elektromotor aus Zink und Kupfer erhalten.

** Pogg. Ann. X. 398. oder Kaſtn. Arch. XI. 387.

werden zugleich mehr oder weniger von der Flüſſigkeit angegriffen. — Man findet ferner, daß Salzſäure ſich gegen Silber und Gold als ein weit ſchlechterer Leiter verhält als Salpeterſäure, da Salzſäure weder das Silber noch Gold in bemerklichem Grade, die Salpeterſäure aber ſehr leicht das Silber angreift; dagegen in Bezug zu andern Metallen die Salpeterſäure nicht bedeutend ſtärker als die Salzſäure zu wirken ſcheint.

Auch Marianini* führt mehrere Beiſpiele an, wo die Reihenfolge des Leitungsvermögens in den Flüſſigkeiten ſich nach Beſchaffenheit der Metalle ändert, mit denen ſie combinirt werden. So iſt Alaunauflöſung für Combinationen aus Zink und Kupfer wirkſamer als Kochſalzauflöſung, minder wirkſam für Zink und Graphit; und ein gleiches Verhältniß findet in Bezug auf dieſe Combinationen für verdünnte Salpeterſäure und ſalpeterſ. Silberauflöſung Statt ꝛc.**

Ganz ähnliche Erfolge, als hier in Bezug auf die Erregerplatten angeführt werden ſind, finden auch in Bezug auf die zwiſchengebrachten Platte Statt. Ich ſelbſt habe mich überzeugt, daß der Verſuch mit Schwefelſäure und Waſſer denſelben Erfolg hat, wenn man ihn zwiſchen zwei Zwiſchenbogen aus Zink vornimmt. Auch verdient in dieſem Bezuge folgender Verſuch von de la Rive*** angeführt zu werden.

Bringt man in den Kreis einer Säule ſucceſſiv zwiſchen Platindrähten von derſelben Länge und demſelben Durchmeſſer Schwefelſäure und Salpeterſäure, beide ganz rein, und in Röhren von ganz gleichen Dimenſionen, ein, ſo findet man, daß die Schwefelſäure einen viel größern Leitungswiderſtand hervorbringt, als die Salpeterſäure, was ſo weit geht, daß man ihn nicht einmal leicht durch Vergrößerung der Strecke der Salpeterſäure compenſiren kann. Wenn man aber die Platindrähte, bevor man ſie in die Schwefelſäure einbringt, in Salpeterſäure taucht, ſo iſt der Leitungswiderſtand beider Syſteme faſt gleich, wenigſtens ſo lange die kleine Schicht Salpeterſäure, die um die Drähte anhieng, ſich nicht zerſtreut hat.

Man könnte nach dieſem Verſuche glauben, daß auch dann Wirkung erfolgen müßte, wenn man die Erregerplatten, nachdem man ſie zuvor in Schwefelſäure oder Salpeterſäure getaucht hat, in ein Gefäß voll Alkohol oder Oel eintaucht, welche Flüſſigkeiten, in unmittelbarer Berührung mit den Platten, die Strömung unterbrechen würden. Eigene Verſuche haben mich jedoch gelehrt, daß dies nicht der Fall iſt, und dies beweiſt ſchon allein, daß außer dem Widerſtande des Uebergangs bei dem Leitungswiderſtande in der Flüſſigkeit

---

* Saggio p. 200.

** Ueber mehrere hieher gehörige Beiſpiele vergleiche: Ritter in ſ. Unt. der el. Körper. 10. 42. 45. — Seebeck in Abhandl. der Berl. Akad. 1820 bis 1821. 309. — Davy in Gilb. Ann. VIII. 13. — Bucholz in Gilb. Ann. IX. 455.

*** Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 272.

auch ein von von eigenthümlichen Materie der Flüssigkeit abhängiger Widerstand in Betracht kommt.

Mit den vorigen Erörterungen läßt sich zugleich noch ein anderer, dem ersten Anschein nach sehr anomaler, Umstand in Beziehung setzen. Man findet häufig, daß manche Metalle, ungeachtet sie weiter in der galvanischen Spannungsreihe von einander abstehen, als andere, doch in gewissen Flüssigkeiten schwächere Wirkung geben, als diese. So wirken Zink und Platin in Salmiackauflösung und andern Flüssigkeiten nach Schweigger's und de la Rive's Erfahrungen* schwächer als Zink und Kupfer, und Marianini** hat eine große Menge solcher scheinbaren Anomalieen aufgezeichnet. Dieselben erklären sich aber sehr wohl durch den Umstand, daß z. B. in der angeführten Combination das Platin von den Flüssigkeiten im Allgemeinen viel weniger angegriffen wird, als das Kupfer, und daß entsprechend der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit dadurch viel stärker bei ihm wird. Man kann jedoch, wie sich de la Rive durch specielle Versuche überzeugt hat***, diesen Umstand dadurch ausgleichen, daß man die Platinfläche größer macht als die Kupferfläche gegen eine gleiche Zinkfläche, indem durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche erwähntermaßen der Leitungswiderstand des Uebergangs vermindert wird.

Nicht allein, daß der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit mit der Schwierigkeit der Metalle, von ihr angegriffen zu werden, zunimmt, es scheint auch, als ob überhaupt nur insofern eine Wirksamkeit der Kette möglich sey, als die Metalle und Flüssigkeit darin wechselseitig auf einander einwirken. Mindestens findet man, daß Alkohol und Oele und alle andere Flüssigkeiten, welche gar keine merkliche chemische Wirkung auf die Metalle äußern, zugleich die Strömung der Kette unterbrechen, wenn sie zu Schließung derselben angewandt werden.

Allerdings sehen wir manchmal Zeichen einer Strömung auch dann Statt haben, wenn dem Anscheine nach keine chemischen Aenderungen in der Kette vor sich gehen. So habe ich stets die unzweifelhaftesten und oft sehr weit gehenden Ablenkungen der Magnetnadel beobachtet, wenn ich, bei Anwendung der Nobili'schen Vorrichtung, Gold und Silber in Salzsäure, Gold und Platin in Salzsäure oder Salpetersäure, beliebige Metalle in concentrirter Schwefelsäure u. s. w. gegen einander prüfte, ungeachtet nach dem Herausziehen dieser Metalle nicht die geringste chemische Aenderung derselben für das Auge wahrnehmbar war. Eben so sieht man öfters in reinem destillirten Wasser Strömungen der El. durch eingetauchte Metalle erregt, die sich nach dem Herausziehen gar nicht verändert zeigen.

---

* Schweigg. J. XXXI. 3. und Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 253

** Saggio. 114. 118.

*** Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 254.

Diese Erfahrungen scheinen sonach die nöthige Abhängigkeit des galvanischen Leitungsvermögens in den Flüssigkeiten von ihrer chemischen Einwirkung auf die Metalle zu widerlegen. Allein bei näherer Betrachtung verschwindet ihre Beweiskraft. Wir werden nämlich weiterhin sehen, daß die dem Anscheine nach gar nicht veränderten Metalle, die sich eine Zeit lang in der geschlossenen Kette befunden haben, doch in manchem Bezug so veränderte Eigenschaften zeigen, daß wir in der That auf eine, für das Auge nur nicht sichtbare, Alteration ihrer Oberfläche durch die Flüssigkeit schließen können (Ladungsphänomene); und die bei allen solchen Ketten eintretende Wirkungsabnahme, welche unstreitig mit diesen Veränderungen zusammenhängt, wie aus spätern Capiteln erhellen wird, spricht ebenfalls hiefür.

Bei manchen Flüssigkeiten hat man überdieß fälschlich ihre chemische Wirkung in der Kette geläugnet; so wenn man Zink und Kupfer durch eine Auflösung von schwefels. Zink schließt. Ich habe mich überzeugt, daß das Kupfer hiebei allmälig mit einem weißgrauen Ueberzuge von reducirtem Zink überzogen wird, an der Luftgränze beider Metalle ein Ansatz von rothem Rost entsteht und die Flüssigkeit sich braungelb färbt; und daß in demselben Maße die Wirksamkeit abnimmt. Ueberhaupt kann man nicht immer a priori schließen, wenn eine Flüssigkeit durch Berührung mit zwei Metallen, wofern es mit jedem für sich zusammengebracht wird, nicht zersetzt zu werden vermag, daß es auch durch eine zur Kette geschlossene Combination beider nicht zersetzt werden könne, da die geschlossene Kette selbst neue Bedingungen zur chemischen Zersetzbarkeit entwickelt. Diesen Umstand scheinen mehrere übersehen zu haben.

Man scheint daher in der That zu dem Satz berechtigt zu seyn, daß die chemische Wirksamkeit unter den bestehenden Umständen wenigstens eine der wesentlichen Bedingungen des galvanischen Leitungsvermögens in den Flüssigkeiten sey. Wenn man wirklich beobachtete, daß mit der Zersetzbarkeit unter allen Umständen die Wirkung gleichförmig zu- und abnähme, so würde man sogar zu schließen haben, daß sie die einzige wesentliche Bedingung dazu sey. Hiezu jedoch fehlt es noch bei Weitem an hinreichenden messenden Versuchen, da, was die bisherigen Erfahrungen darüber gelehrt haben, mittelst zu unsicherer Apparate, und unter zu wenig vergleichbaren Umständen gefunden ist, als daß man einen solchen Schluß sicher darauf gründen könnte.

Jedenfalls läßt sich mit dem Umstande, daß chemische Wirkung eine wesentliche Bedingung zum Leitungsvermögen in der Flüssigkeit ist, folgende Thatsache in Beziehung setzen.

Es ist durch mehrfache Versuche erwiesen, daß Zink und Eisen bei gewöhnlicher Temperatur das Wasser nicht zu zersetzen vermögen, und wenn sie im Wasser rosten, dieß blos dadurch geschieht, daß sie den Sauerstoff der darin enthaltenen atmosphärischen Luft an-

ziehen *, dagegen blank bleiben, wenn ſie in luftfreiem oder vor Luftzutritt geſchützten Waſſer aufbehalten werden. Iſt nun wirklich chemiſche Einwirkung des feuchten Leiters auf die Metalle eine weſentliche Bedingung ſeines Leitungsvermögens, ſo wird ſich auf keine Weiſe eine wirkſame Säule aus Zink und Kupfer mit Waſſer, das von Luft befreit iſt, aufbauen laſſen, wenn man zugleich den Zutritt der atmoſphäriſchen Luft zur aufgebauten Kette verhindert. Es wird ferner in einer, mit lufthaltigem Waſſer aufgebauten, aber dann in Waſſerſtoffgas, Stickgas, Kohlenwaſſerſtoffgas oder den luftleeren Raum eingeſchloſſenen Säule die Wirkſamkeit nur ſo lange dauern können, bis der Sauerſtoff der Luft, die im Waſſer enthalen war, verzehrt iſt und dann aufhören, aber wieder von Neuem beginnen müſſen, wenn man eine neue Portion atmoſphäriſcher Luft hinzutreten läßt; es wird endlich die Säule, auch mit luftfreiem Waſſer geſchichtet und in den luftleeren Raum oder eine, keinen Sauerſtoff abtretende, Gasart gebracht, doch Wirkſamkeit zeigen müſſen, wenn man das Waſſer mit einem andern, leicht durch das Zink zerſetzbaren, oder das Waſſer leicht zur Zerſetzung disponirenden, Stoffe geſchwängert hat, wie mit Salpetergas, Salpeterſäure, Salzſäure u. ſ. w. Alle dieſe Umſtände ſind bis ins Einzelnſte von verſchiedenen Phyſikern bewährt worden **.

Da in dem Maße, als der freie Sauerſtoff der Flüſſigkeit in den feuchten Scheiben zur chemiſchen Wirkung angewandt wird, dieſelben ſich aus der umgebenden Atmoſphäre von Neuem damit ſättigen, ſo wird hiedurch erklärlich, wie eine in Wirkung geſetzte Säule den Sauerſtoff eines eingeſchloſſenen Raumes, in dem ſie ſich befindet, allmälig ganz verzehren könne. Man kann ſich hievon leicht überzeugen, indem man eine verticale, durch einen Metalldraht geſchloſſene ***, Säule auf einen, mit Waſſer umgebenen, Unterſatz ſtellt, und eine Glasglocke über ſie umſtürzt, welche mit ihrer Baſis ebenfalls ins Waſſer taucht. In wenig Augenblicken ſieht man das Waſſer im Innern der Glocke in die Höhe treten, zum Zeichen verſchluckter Luft. Nach einiger Zeit iſt dieſe Abſorption beendigt, und unterſucht man jetzt den Rückſtand der Luft unter der Glocke, ſo zeigt er keine Spur von Sauerſtoffgas mehr; er löſcht brennende Lichter aus u. ſ. w.

Wenn man will, kann man allerdings dieſe Sauerſtoffabſorption durch die Säule, wodurch ihre Wirkſamkeit zum Theil bedingt wird,

---

* Vergl. in dieſer Hinſicht Fabroni in Gilb. IV. 431. — Davy ebend. VIII. 3. — Weglar Schweigg. J. XLIX. 484.

** Davy in Gilb. VIII. 1; XII. 334. — Haldane Gilb. VII. 211. — Parrot Gilb. XXI. 204. — Albini in ſ. Essai I. 34. 64. 295. 298. 101. — Van Marum Gilb. X. 151. — Böckmann Gilb. XI. 238. — Biot und Cuvier Gilb. X. 33; XI. 240.

*** Auch bei ungeſchloſſenen Säulen findet die Abſorption Statt, doch weit langſamer.

mit dem Athmungsprozeß der Thiere vergleichen; nur wird man jene, von einer chemiſchen Erſcheinung unmittelbar abhängige, Erſcheinung an der Säule nicht durch dieſe phyſiologiſche, die nur eine Analogie damit erlaubt, erklären wollen.

Man hat allgemein die Beobachtung gemacht, daß der Leitungswiderſtand in der Flüſſigkeit mit ihrer Temperatur abnimmt. Es iſt um ſo wahrſcheinlicher, daß dieſer Umſtand darin begründet liegt, daß durch Temperaturerhöhung die chemiſche Wirkſamkeit der Flüſſigkeiten im Allgemeinen zunimmt, mithin dieſer Umſtand auf den vorigen zurückkommt, da wir bei den feſten Leitern von der Temperaturerhöhung gerade den umgekehrten Erfolg wahrgenommen haben. Jedenfalls läßt ſich die Thatſache ſelbſt leicht ſo nachweiſen, daß man ein Plattenpaar an den Enden des Multiplicatordrahts in eine beliebige Leitungsflüſſigkeit eintaucht und dieſe ſucceſſiv bis zu verſchiedenen Graden erwärmt und wieder erkalten läßt. Man wird entſprechend die Ablenkung der Magnetnadel wachſen und wieder abnehmen ſehen *; und unſtreitig würde auch die Schnelligkeit der Oscillationen der Nadel ſich mit der Wärme mehren, mit der Kälte mindern.

Eben ſo hat man auch beobachtet, daß alle Wirkungen, welche die geſchloſſene Säule hervorbringt, ſtärker ausfallen, wenn man ihre Papp- oder Tuchſcheiben mit warmer Flüſſigkeit netzt, als wenn dies mit kalter geſchieht; und pflegt daher allgemein dieſe Maßregel bei ihrer Schichtung zu beobachten. Selbſt die äußere Temperatur der Luft iſt in dieſer Hinſicht von Einfluß, indem z. B. Biſchof beobachtete, daß die waſſerzerſetzende Kraft einer mit Kochſalzauflöſung aufgebauten Säule, nachdem ſie bis zu einem ziemlich gleichförmigen Zuſtande gekommen war, conſtant mit der äußern Temperatur wuchs und ſank; woraus erhellt, daß der Wechſel der äußern Temperatur bei Verſuchen über die geſchloſſene Kette mit in Betracht gezogen werden müſſe.

Marianini hat die eigenthümliche Beobachtung gemacht, daß, wenn man eine Flüſſigkeit ſucceſſiv um gewiſſe Temperaturgrade erhöht und dann wieder erkalten läßt, das Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit durch Erkalten um gleiche Grade nicht eben ſo ſehr geſchwächt, als durch Erwärmung um ſo viel Grade erhöht wird; ſo daß die Flüſſigkeit ſich ihres durch die Temperaturerhöhung erhaltenen Zuwachſes im Leitungsvermögen nicht ſogleich wieder ſcheint

---

* Mehrere, jedoch zu keinen vergleichbaren Maßen führende, Verſuchsreihen mittelſt des Multiplicators über den Einfluß der Temp. auf das galvaniſche Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten, haben Marianini (Saggio di esp. elettrom. etc. 148), und Walker (Pogg. Ann. IV. 101) angeſtellt. Ueber einzelne hieher gehörige Erfahrungen vergl. Betta in Bibl. VI. 344, Grimm ib. XI. 226; Despretz Schweigg. XXXVI. 341.; Bischof Kastn. Arch. IV. 32.; Ritter phyſ. chem. Abhandl. II. 304.

entäußern zu können. Man muß hiebei an einen analogen Umſtand erinnert werden, daß nämlich Salzlöſungen beim Erkalten von höhern Temperaturen eine Zeitlang noch mehr Salz zurückzuhalten vermögen, als ihnen vermöge dieſer Temperatur zukommt, was man gewöhnlich einer gewiſſen Trägheit der Salztheilchen, ſich abzuſcheiden, beimißt. Daß jedoch kein directer Bezug zwiſchen dieſer und der vorigen Erſcheinung Statt habe, erhellt daraus, daß Marianini dieſelbe auch bei außerordentlich verdünnten Salzlöſungen, ja ſelbſt deſtillirtem Waſſer, wahrgenommen zu haben verſichert.

Es erhellt ferner aus den Verſuchen von Marianini und Walker, daß eine gleiche Temperaturerhöhung der Flüſſigkeiten in der Kette deren Wirkſamkeit keineswegs in verhältnißmäßig gleichem Maßſtabe verſtärkt; vielmehr um einen um ſo geringern Theil des urſprünglich Statt findenden, je größer das Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit ſchon an ſich iſt. Dieſer Satz iſt nur eine Folgerung aus dem S. 173 angeführten Geſetze.

Eine Zuſammendrückung des Waſſers ſo wie concentrirter Ammoniackflüſſigkeit bis zum 30fachen Druck der Atmoſphäre äußerte nach den Verſuchen von Colladon und Sturm * keinen merklichen Einfluß auf ihr Leitungsvermögen; dagegen wurde eine deutliche Verminderung deſſelben bemerklich, als Salpeterſäure hiezu angewandt ward. Die Flüſſigkeit befand ſich bei dieſem Verſuche zwiſchen Platindrähten.

Man kann auch wirkſame Ketten erhalten, wenn man anſtatt feuchter Zwiſchenleiter Leiter aus gewiſſen ſchmelzenden feſten Körpern anwendet. So erhielt Davy ** eine wirkſame Kette mit Platin und Zink, wenn Bleiglätte oder chlorſ. Kali in ſchmelzendem Zuſtande als Zwiſchenleiter angewandt wurden, und Schrader *** mit Kupfer und Zink in ſchmelzender Schwefelleber und ſchmelzendem Kochſalz. Aehnliche Erfahrungen hat ſchon früher Schweigger ſelbſt † gemacht. Es iſt jedoch bis jetzt noch nicht erörtert, wie viel Antheil an der Wirkſamkeit dieſer Ketten die Thermoelektricität hat. Durch Combination von Queckſilber mit verſchiedenen Metallen bei gleichförmiger Temp. haben weder de la Rive noch ich ſelbſt wirkſame Ketten erhalten können.

Was die Abhängigkeit des eigenthümlichen Leitungsvermögens der Flüſſigkeit von ihren Dimenſionen anlangt, ſo begnüge ich mich, in dieſem Bezug auf das, was ſchon im 16ten Capitel erörtert worden iſt, auf die Verſuche im 18ten Capitel und auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen zu verweiſen. Die Umſtände, unter welchen eine vergrößerte Strecke des flüſſigen Leiters in der

---

* Pogg. Ann. XII. 166.
** Ann. de Ch. et de Phys. XXXIII. 304.
*** Schweigg. J. XXXIII. 23.
† Schweigg. J. III. 268.

Kette in einem größern oder geringern Verhältniß zur Wirkungsverstärkung beiträgt, stimmen ganz mit denen überein, die in Bezug auf diese Verhältnisse bei Verlängerung der festen Leiter im 19ten Capitel erörtert worden sind, daher ich hierüber dorthin verweise. Specielle Bewährungen wird man in meinen galvanischen Maßbestimmungen finden. Was endlich diese Umstände in Bezug auf die Verstärkung und Schwächung der Leitungsflüssigkeit anlangt, so werden die nöthigen Erörterungen hierüber in den beiden nächsten Capiteln folgen.

Zuletzt mögen hier noch die Resultate einiger Physiker über die Folge, in der die Flüssigkeiten hinsichtlich des in ihnen vorhandenen Leitungsvermögens stehen, folgen; wiewohl ich gestehe, daß ich ihnen aus den S. 225 angegebenen Gründen kein großes Zutrauen zu schenken vermag *.

Sie sind größtentheils auf die Art gefunden, daß man verglich, in welchem Grade die elektromagnetische oder chemische Wirkung einer Kette aus ein oder mehrern Plattenpaaren sich änderte, je nachdem dieser oder jener flüssige Leiter zwischen die Erregerplatten der Kette selbst oder auch zwischen homogene Zwischenplatten gebracht wurde, und man darf nicht vergessen, daß die so gefundenen Reihenfolgen blos in Bezug auf die Metalle als gültig angesehen werden können, zwischen denen sich die Flüssigkeit beim Versuche befand. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dieselbe Bemerkung auch für die Resultate gilt, welche mittelst Entladungen Leydner Flaschen durch Flüssigkeiten über ihr Leitungsvermögen erhalten worden sind, da sich diese Entladung sowohl allen ihren Wirkungen als dem Wesentlichen des Vorgangs selbst nach nicht anders als ein, nur augenblicklich beendigter, sehr starker Strom verhält.

„Wir wollen bemerken, daß man auch ein gutes Mittel, den Leitungswiderstand in den Flüssigkeiten zu vergleichen, darin hat, daß man, anstatt die Wirksamkeit der Strömung zu beobachten, welche Statt hat, je nachdem die Kette mit dieser oder jener Flüssigkeit geschlossen worden ist, vielmehr die Stärke der Anzeigen vergleicht, die ein Elektrometer giebt, das sich an einem Pole einer Säule befindet, wenn diese Säule successiv durch mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllte Röhren verschlossen wird. In der That haben wir gesehen, daß die für das Elektroskop merkbare Elektricität an den Polen der Säule in dem Maße zunimmt, als der Leitungswi-

---

* Vergleiche noch außerdem über einzelne Verhältnißbestimmungen des Leitungsvermögens in verschiedenen Flüssigkeiten: Gay-Lussac und Thénard in Gilb. Ann. XXXVIII. 135. 153. — Van Marum in Gilb. X. 149. 151. — Ritter in s. phys. chem. Abhandl. II. 302. — Einhof Gilb. VIII. 316. — Pfaff in Gilb. LXVIII. 298. — Poggendorff in Okens Isis 1821. I. 700.

Ueber Wirksamkeit der Salmiakauflösung insbesondere: Gilb. VII. 163. VIII. 141. 320. IX. 437. X. 480. XXX. 331.

derſtand in der Flüſſigkeit wächſt; und dieſe Verfahrungsart * ergänzt daher gewiſſermaßen die andre.

Endlich giebt es auch noch ein Mittel, das Leitungsvermögen in den Flüſſigkeiten zu vergleichen, indem man die Zeit mißt, welche eine El. von derſelben Stärke nöthig hat, ſich hindurch zu bewegen. Von dieſem Mittel, welches die Anwendung offener Zambonischer Säulen erfodert, iſt ſchon S. 54 die Rede geweſen.

Jetzt zu den Reſultaten der einzelnen Beobachter ſelbſt.

Eine ſorgfältige Verſuchsreihe hat Förſtemann ** angeſtellt, indem er in die Kette einer Säule, die auf einen gleichförmigen Zuſtand der Wirkſamkeit herabgekommen war, einen Waſſerzerſetzungsapparat, und zugleich eine Röhre, die ſucceſſiv mit verſchiedenen Flüſſigkeiten gefüllt wurde, brachte, und nun die Zeiten verglich, welche zur Entwickelung gleicher Gasquantitäten erfoderlich waren. Begreiflich mußte dieſe Zeit um ſo größer ſeyn, je größer der Leitungswiderſtand in der in der Röhre befindlichen Flüſſigkeit war. Auf dieſe Weiſe wurden folgende Reſultate erhalten, welche für den Fall gültig ſind, wo die Flüſſigkeit ſich zwiſchen Platindrähten, die bei Förſtemanns Verſuchen angewandt wurden, befindet.

Name der Flüſſigkeit.	Specielles Gewicht derſelben.	Entwickelung gleicher Gasquantitäten in folgenden Zeiten.	Entwickelung folgender Gasquantitäten in gleichen Zeiten ***.
Salzſäure	1,126	0,410	2,464
Eſſigſäure	1,024	0,423	2,398
Salpeterſäure	1,236	0,438	2,283
Ammoniakflüſſigkeit	0,936	0,459	2,177
Salmiaklöſung . . .	1,064	0,509	1,972
Schwefelſäure . . .	1,848	0,575	1,737
Kalilauge	1,172	0,585	1,709
Kochſalzlöſung . . .	1,166	0,598	1,672
Bleizuckerlöſung . .	1,132	0,632	1,560
Deſtill. Waſſer . . .	1,000	1,000	1,000

Man muß ſich wohl hüten, die in der letzten Spalte dieſer Tabelle enthaltenen Zahlen für ein wirkliches Maß des Leitungsvermögens, oder die in der vorletzten enthaltenen, für ein Maß des Leitungswiderſtandes in den zugehörigen Flüſſigkeiten zu nehmen. In der That, da die Röhre mit den Flüſſigkeiten nur einen verhälto

* Vergl. ihre Anwendung von Erman in Gild. VIII. 206.
** Kaſtn. Arch. VI. 82.
*** Die Zahlen dieſer Columne ſind aus den vorigen berechnet.

nißmäßig kleinen Theil zum Geſammtwiderſtande der (aus 204 Plattenpaaren beſtehenden) Kette beitrug, die Wirkung der Kette aber ſtets dieſem Geſammtwiderſtande proportional iſt, ſo konnte eine Vergrößerung oder Verkleinerung jenes partiellen Widerſtandes auch nur einen verhältnißmäßig kleinen Einfluß zur Verſtärkung oder Schwächung des, die Waſſerzerſetzung hervorrufenden, Stroms äußern, und wir müſſen daher annehmen, daß die Differenzen zwiſchen dem Leitungsvermögen obiger Flüſſigkeiten viel größer ſind, als die Zahlen obiger Tabelle ausdrücken.

Hievon kann man ſich auch ſehr leicht durch die Erfahrung überzeugen, wenn man z. B. deſtillirtes und gemeines Waſſer hinſichtlich ihrer Wirkſamkeit in Ketten vergleicht, deren Geſammtwiderſtand geringer iſt, am beſten in einfachen Ketten. Man findet dann, daß ſelbſt verhältnißmäßig kleine Beimiſchungen von Säuren das Leitungsvermögen in der Flüſſigkeit ausnehmend zu erhöhen vermögen.

Nicht ganz übereinſtimmend mit Förſtemanns Reſultaten ſind diejenigen, welche de la Rive * für das Leitungsvermögen in den Flüſſigkeiten zwiſchen Platin fand, indem er Platinplatten in ein Gefäß mit Flüſſigkeit tauchen ließ; und dieſe Platten in die Kette einer Säule brachte, in der ſich zugleich ein Multiplicator befand, (bei ſorgfältiger Gleichmachung aller Umſtände für verſchiedene Flüſſigkeiten).

Nach ihm iſt von allen Flüſſigkeiten die Salpeterſäure diejenige, welche zwiſchen Platin den geringſten Leitungswiderſtand äußert; dann folgt die Salzſäure, dann die Schwefelſäure. Reine und ſehr verdünnte Salpeterſäure bringt einen ſtärkern Leitungswiderſtand hervor als concentrirte; dagegen Schwefelſäure, ſelbſt ſehr verdünnte, einen geringern Widerſtand als concentrirte. Nach den genannten Säuren folgen Kalilauge und Ammoniackflüſſigkeit, die ſich faſt nicht unterſcheiden und die Salzauflöſungen, die einen noch geringern Widerſtand zu äußern ſcheinen, als die Alkalilöſungen, jedenfalls aber einen ſtärkern, als die Säuren.

Es iſt möglich, daß die Nichtübereinſtimmung der Reſultate dieſer beiden Beobachter auf verſchiedener Reinheit der angewandten Flüſſigkeiten beruhe. Ja es kommt vielleicht hiebei noch auf Nebenumſtände an, die man nicht kennt.

Noch umfaſſendere Verſuche als Förſtemann und de la Rive haben Pfaff ** und Marianini *** hinſichtlich der Reihenfolge des Leitungsvermögens in den Flüſſigkeiten angeſtellt, beide mittelſt des Multiplicators. Der erſte giebt jedoch ſeine Reihe

---

* Ann. de Ch. et de Ph. XXXVII. 270.
** Pfaff Elektromagnetismus S. 95.
*** Reggio 1825.

ſelbſt nur für eine ungefähre, und in der That ließ ſein Verfahren keine große Genauigkeit zu. Was die Reſultate des letztern anbelangt, ſo gilt wenigſtens für die beiſtehenden Zahlen ganz dieſelbe Bemerkung, die wir in Bezug auf Förſtemann's Verſuche machten; ſie können höchſtens zur Andeutung, nicht aber zum Maß größerer oder geringerer Differenzen dienen; auch kann dieſe Reihe, die für die 100fache Verdünnung der Subſtanzen gilt, nicht auf die concentrirten Auflöſungen angewandt werden *.

Gradation des Leitungsvermögens in verſchiedenen Flüſſigkeiten.

Nach Pfaff.

(Die Auflöſungen im Zuſtande der Sättigung bei mittlerer Temp. und zwiſchen vergoldeten Meſſingplatten befindlich).

Oxydulirte ſalzſ. Zinnauflöſ.
Salpeterſ. Queckſilberperoxyd.
Salpeterſ. Silber.
Aetzammoniackflüſſigkeit von 0,936 ſp. G.
Eſſigſ. Queckſilberprotoxyd.
Schwefelſ. Mangan.
Schwefelſ. Zink.
Schwefelſ. Kupfer.
Schwefelſ. Eiſen-oxydo-oxydul.
Salmiack.
Aetzſublimat.
Schwefelſ. Natron.
Bittерſalz.
Alaun.
Schwefelkali.
Brechweinſtein.
Eſſigſ. Blei.
Salpeterſ. Baryt.
Salpeter.
Salzſ. Kalk.
Pottaſche.
Kochſalz.
Waſſer **.

Nach Marianini.

(Die unterſtehenden Subſtanzen waren im 100 fachen Gewicht deſt. Waſſer aufgelöſt und befanden ſich zwiſchen Elektrometerplatten aus Zink und Kupfer).

Salzſ. Platin.	418	Saures ſalpeterſ. Queckſilberprotoxyd	278
Salpeterſäure	358	Schwefelſ. Kupfer	258
Salzſ. Gold	307	Schwefelſäure	239
Salpeterſ. Silber	298		

* Das Leitungsvermögen des Meerwaſſers ſetzt Marianini = 100.

** Conc. engl. Schwefelſäure wirkt nach Pfaff nicht viel ſtärker, als eine geſättigte Pottaſchenauflöſung; das Maximum ihrer Wirkſamkeit zeigte ſich bei dem Verhältniſſe von 5 Waſſer gegen 1 Säure (was von dem S. 276 Anm. angeführten Reſultat Seebeck's und Poggendorff's ſehr abweicht) und dieſe übertraf an Wirkſamkeit noch merklich eine geſättigte Salmiackauflöſung. Bei dem Verhältniß von 4 Theil. Waſſer und 1 Theil Säure war die Leitung nicht beſſer, als bei 29 Theilen Waſſer gegen 1 Theil Säure, und war ungefähr gleich der des ſchwefelſauren Eiſenoxyduls.

Sauerkleeſäure	179	Neutrales chlorſ. Kali	68,9
Salzſäure	164	Bicarbonat von Kali	66,7
Eſſigſ. Kupfer	154	Eſſigſ. Natron	64,9
Salmiack	150	Schwefelſ. Magneſia	62,64
Sauerkleeſ. Kali	149	Saures weinſteinſ. Kali	62,4
Salzſ. Eiſen-Ammoniak	136	Eiſenvitriol	62,26
Phosphorſäure, durch etwas phosphorige Säure verunreinigt	127	Salzſ. Baryt	60
Salzſ. Kalk	110	Eſſigſ. Kali	59,2
Weinſteinſäure	98,66	Salpeterſ. Kalk	57
Weinſteinſ. Kali	92	Salzſ. Eiſenoxydul	56,53
Eſſigſäure	87	Kali	55,68
Citronenſäure	85,71	Chlorſ. Baryt	53,23
Alaun	85	Schwefelſ. Zink	51,64
Salzſ. Natron	84,79	Brechweinſtein	50,7
Schwefelſ. Kali	80	Phosphorſ. Natron	46
Salpeter	78,3	Borax	45,31
Benzoeſ. Kali	76,56	Phosphorſ. Kali	44,74
Glauberſalz	74,2	Natron	32,6
Melanſaures Ammoniak	71,15	Aetzammoniakflüſſigk.	26,45
Benzoeſäure	70,67	Blauſäure	18,27
Kohlenſ. Natron	69,2	Eiſenblaus. Natron	10,96
		Deſtillirtes Waſſer	1,00
		Alkohol *	0,323

Weit mehr zu abſoluten Beſtimmungen als die vorigen Reſultate können diejenigen dienen, welche Pfaff hinſichtlich des Leitungsvermögens der Flüſſigkeiten mittelſt Entladungen Leydner Flaſchen durch dieſelben gefunden hat. Die Anwendung dieſer Reſultate für die Kette ſetzt allerdings voraus, daß die Entladung einer Leydner Flaſche und die Strömung in der Kette weſentlich gleichartiger Beſchaffenheit ſeyen, was nach den ſchon von uns angeführten Gleichungspuncten zwiſchen beiden ſehr wahrſcheinlich iſt.

Das Verfahren, deſſen ſich Pfaff bei dieſen Verſuchen bediente, gründet ſich darauf, daß allemal eine beſtimmte Stärke der Entladung erfoderlich ſcheint, um Schießpulver zu entzünden, das ſich im Entladungskreiſe einer Leydner Flaſche befindet. Bringt man nun in denſelben Entladungskreis ſucceſſiv Röhren mit verſchiedenen Flüſſigkeiten, ſo wird für ſchwächer leitende Flüſſigkeiten eine größere Ladung der Flaſche erfoderlich ſeyn, um die Entzündung zu bewirken, als für ſtärker leitende, oder die Röhre wird mehr abgekürzt werden müſſen. Indem nun Pfaff theils die Umdrehungen ſeiner Elektriſirmaſchine verglich, welche erfoderlich waren, um die zur Entzündung des Pulvers hinreichende Entladung zu bewirken, theils

* Das Leitungsvermögen des Alkohols läßt ſich nach Marianini gleich dem des Waſſers durch Zuſatz ſalzigter Subſtanzen erhöhen, jedoch in viel minderem Grade.

die Längen der Röhren, in denen sich die in die Kette gebrachten Flüssigkeiten hiebei befanden, gelangte er zu folgenden Resultaten *:

Das Leitungsvermögen des Wassers wird schon durch die Aufnahme von blos $\frac{1}{1000}$ Kochsalz etwa um das 11fache, von $\frac{1}{100}$ Kochsalz um das 18fache, von Salmiack aber in noch viel stärkerm Verhältnisse verstärkt **. Weingeist von 84 p. C. leitete ungefähr 12mal besser als absoluter, der sich fast wie ein Isolator verhielt. Rectificirtes Terpentinöl verhielt sich ungefähr wie 84 procentiger Weingeist; Aether wie absoluter Alkohol.

Nach Walcker *** standen die salzs. Salze der Alkalimetalle, zu $\frac{1}{100}$ in Wasser gelöst und mit einem Plattenpaare von Zink und Silber mittelst des Multiplicators geprüft, in folgender Ordnung hinsichtlich ihres Leitungsvermögens: Salz von Kali, Natron, Ammoniack, Baryt, Strontian, Kalk, Magnesia. Dieses verdient in sofern Aufmerksamkeit, als dies dieselbe Ordnung ist, in welcher im Allgemeinen die Verwandtschaft dieser Basen zu Säuren steht.

Was den Einfluß der Concentration der Lösungen auf ihr Leitungsvermögen betrifft, so glauben sowohl Gay-Lussac und Thénard †, als Marianini †† das Resultat gefunden zu haben, daß es für Säuren und Salze im geraden Verhältniß der Menge dieser Substanzen zunimmt, welche sich im Wasser aufgelöst findet, so lange sich die Flüssigkeit nicht höhern Concentrationsgraden nähert, dann aber in geringerm Grade wächst. Doch muß man gestehen, daß ihre Verfahrungsarten nicht geeignet waren, zu einem genauen Maße jener Proportionalität zu führen; und man kann daher bis jetzt blos als erwiesen dadurch ansehen, daß die Wirksamkeit der Salz- und Säureauflösungen wenigstens bei höhern Graden der Sättigung in einem geringern Verhältniß als diese Concentration

---

* Die Röhren waren mit Korkstöpseln verschlossen, durch welche metallische Drähte in die Flüssigkeit gingen; Platt gibt aber nicht an von welchem Metalle.

** Es erhellt aus diesen Resultaten, durch wie geringe Beimischungen schon das Leitungsvermögen des Wassers beträchtlich modificirt werden kann. Deßhalb ist auch destillirtes Wasser, wenn es auf verschiedene Weise und nicht mit gleicher Sorgfalt bereitet ist, keineswegs für ebenmäßig hinsichtlich seines Leitungsvermögens anzusehen. Hievon hat sich u. a. Walcker (Pogg. Ann. IV. 96) überzeugt. — Auch nach Cavendish leitet Seewasser 100mal und eine gesättigte Auflösung von Seesalz 720 mal besser als destillirtes Wasser.

*** Pogg. Ann. IV. 102. — Walcker hat auch die Reihenfolge der Salze des Natrons mit verschiedenen Säuren, ebenfalls zu $\frac{1}{100}$ in Wasser gelöst, angegeben. Diese weicht sehr ab von der Folge, in welcher diese Salze in Marianini's Reihe stehen. Allerdings gilt diese in Bezug auf Kupfer und Zink, nicht auf Silber und Zink; doch sollte man kaum hiedurch so große Abweichungen erklärlich finden.

† Ann. XXXVIII. 136.

†† Saggio. 191.

zunimmt, ein Umstand, mit dem auch Walker's *, wiewohl ebenfalls kein bestimmtes Maß gewährende, Versuche übereinstimmen.

Wir haben jetzt noch eine Vergleichung des Leitungswiderstandes in den Flüssigkeiten und festen Körpern bei Gleichheit der Dimensionen beider anzustellen. Die übereinstimmenden Versuche der Physiker haben gelehrt, daß jener ohne Vergleich größer als letzterer ist. So führt Cavendish ** an, daß Eisendraht 400 millionenmal besser als destillirtes Wasser leite; und Pfaff *** fand, daß eine zwischen vergoldeten Messingplatten befindliche conc. Salmiakauflösung, welche doch zu den besten Leitern gehört, einen Querschnitt von 6 Quadratzoll haben mußte, um, anstatt eines Eisendrahts von $\frac{1}{144}$ Quadratzoll in die Kette substituirt (bei Gleichheit der Längendimension) dieselbe Ablenkung der Magnetnadel hervorzurufen, woraus denn folgen würde, daß Salmiakauflösung zwischen Goldplatten einen etwa 247416 mal größern Leitungswiderstand hervorbringt als Eisen. Dieses Resultat wird sich jedoch unstreitig nach den verschiedenen Wirkungsperioden der Kette modificiren, wie eigne in diesem Bezug von mir angestellte Beobachtungen lehren; die man in meinen galvanischen Maßbestimmungen finden wird.

Einundzwanzigstes Capitel.

Von der erregenden Oberfläche.

Wir haben im 16ten Cap. S. 172 angegeben, was man unter erregender Oberfläche zu verstehen habe, und die Umstände erörtert, von welchen es abhängt, daß eine Vergrößerung derselben zur Verstärkung der Wirksamkeit der Kette beiträgt, Umstände, welche darin begründet liegen, daß der Widerstand des Uebergangs und in Ketten, wo der Querschnitt der Flüssigkeit mit der erregenden Oberfläche in gleichem Maße wächst, auch der eigenthümliche Widerstand der Flüssigkeit im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche abnimmt. Durch eine richtige Anwendung der in jenem Capitel erörterten Grundsätze wird man alle durch Abänderung der erregenden Oberfläche in der Kette entstehenden Aenderungen ihrer Kraft leicht voraussagen können. Indeß halte ich es doch nicht für überflüssig, diesen Gegenstand hier noch einer besondern Betrachtung zu unter-

---

* Pogg. IV. 104. — Nach Ritter (phys. chem. Abh. II. 304) wirken Batterien mit bloßer ganz gesättigter Kochsalzauflösung schwächer, und von Anfang an, schwächer als andre mit bloßer, aber etwa nur halb gesättigter.

** Philos. transact. LXVI. 198. — Er beschreibt die Art nicht, wie er sein Resultat fand; nach dem Bestehenden zu urtheilen, geschah es jedoch mittelst Entladung einer Leydner Flasche.

*** Electrochemismus S. 98.

werfen, da der Einfluß der erregenden Oberfläche ein Umſtand iſt, der bei den Verſuchen äußerſt häufig ins Spiel kommt, und es daher von beſonderer Wichtigkeit iſt, dieſen Einfluß gehörig ſchätzen zu können. Zugleich werden die Erfahrungsergebniſſe dieſes Capitels die ſchönſten Belege der im 16ten Capitel auseinandergeſetzten allgemeinen Theorie werden.

Daß eine Kette durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche zunimmt, läßt ſich zuvörderſt auf allgemeine Weiſe ſehr leicht auf eine der folgenden Arten zeigen.

Man nimmt ein Plattenpaar Zink-Kupfer, das mit den Enden des Multiplicators in Verbindung geſetzt iſt, und bei welchen es zweckmäßig iſt, die Platten in einem feſten Abſtand von einander befeſtigt zu halten, und taucht dieſes allmälig bis zu immer größern Tiefen in ein Gefäß mit Leitungsflüſſigkeit ein. In dem Maße, als die Tiefe des Eintauchens zunimmt, wird die Ablenkung der Nadel oder die Schnelligkeit ihrer Oscillationen zunehmen, dagegen wieder abnehmen in dem Maße, als man das Plattenpaar aus der Flüſſigkeit herauszieht. Oder auch man ſetzt zuerſt das Plattenpaar, an die Enden des Multiplicators befeſtigt, in das Gefäß ein, und gießt allmälig Flüſſigkeit zu. In dem Maße als die Flüſſigkeit höher ſteigt und dadurch die Größe der erregenden Oberfläche vermehrt, wird man ebenfalls die Wirkungsverſtärkung wahrnehmen. Dieſe Wirkungsverſtärkung wird verhältnißmäßig um ſo größer ſeyn, je ſchlechter die Flüſſigkeit leitet, dagegen in ſehr ſtarken Leitungsflüſſigkeiten nicht ſehr ins Auge fallen.

Dieſe Art, den Verſuch anzuſtellen, reicht zu Ziehung des allgemeinen Ergebniſſes hin. Zu genauen Verſuchen, in welchen das Verhältniß, nach dem die Kraft der Kette mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche wächſt, gemeſſen werden ſoll, muß man ſich jedoch anderer Vorrichtungen und Verfahrungsweiſen bedienen, welche den Vortheil gewähren, eine größere oder geringere erregende Oberfläche in die Kette zu bringen, ohne dabei die Platten in der Flüſſigkeit zu bewegen, wovon der Grund aus den Erörterungen des 24ſten Cap. erhellen wird.

Ich ſelbſt bediene mich hiezu nach Beſchaffenheit der anzuſtellenden Verſuche einer der folgenden Vorrichtungen.

In Fig. 36 iſt A ein im Aufriß verzeichneter, mit Oelfirniß aufgegoſſener, Trog von Eichenholz. Auf ſeinem Boden, oder in Leiſten, welche auf dem Boden befeſtigt werden, ſind in genau abgemeſſenen Diſtanzen Einſchnitte angebracht, ſo eng, daß wenn die Platten mit einem kleinen Theil ihres untern Randes hineingeklemmt werden, ſie ſich aufrecht ſtehend im Troge erhalten. In dieſe Einſchnitte nun werden auf einer Seite eine gewiſſe Anzahl Zinkplatten z, z, z, z, ihnen gegenüber eine eben ſolche Anzahl Kupferplatten k, k, k, k, angebracht; und ſowohl die Kupferplatten als Zinkplatten dadurch zu Einer erregenden Oberfläche vere-

nigt, daß man Drähte von ihnen aus in die mit Quecksilber gefüllten Gefäße Z und K * leitet, in welche zugleich die Enddrähte des Multiplicators M tauchen. Durch Einsenken und Herausziehen der einzelnen Drähte aus den Quecksilbergefäßen kann man dann eine beliebige Anzahl Platten in die erregende Oberfläche aufnehmen oder aus ihr weglassen. Die Drähte müssen kurz und dick genug seyn, daß ihr Widerstand gegen den Widerstand des Multiplicatordrahts vernachlässigt werden könne.

Eine andre Anordnung ist die, daß man verschiedene Plattenpaare Zink-Kupfer in die Seitenfugen gesonderter Zellen eines Troges einsetzt, und dann wie vorhin durch Ueberleiten der angelötheten Drähte in zwei Quecksilbergefäße sowohl alle Zink- wie alle Kupferplatten zu einer gemeinschaftlichen erregenden Oberfläche verbindet **.

Wesentlich ist es, hinsichtlich der Wirkungsverstärkung durch die erregende Oberfläche folgende Puncte zu berücksichtigen:

1) Diese Verstärkung beruht einzig und allein auf Vergrößerung der mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Fläche, und das größte Plattenpaar wird mit dem kleinsten ganz gleich wirken, wenn beide zu gleicher Tiefe in dieselbe Flüssigkeit eingetaucht werden; daher man auch durch Ansatz metallischer Platten an die Erregerplatten außerhalb der Flüssigkeit ihre Wirkung weder merklich verstärken noch schwächen wird, wovon der Grund aus S. 176 erhellt. So auch ist es beim Aufbau einer Säule völlig gleichgültig, ob man große oder kleine Platten dazu anwendet, wenn man den großen Platten keine größere Berührungsfläche mit den feuchten Zwischenleitern geben will, als den kleinen; in welchen Bezuge Gautherot, Volta und Van Marum *** vollkommen beweisende Versuche angestellt haben.

Dahingegen wird eine Säule stets um so besser wirken, in je innigere Berührung man ihre Platten mit den feuchten Scheiben bringt, weil jede trocken bleibende oder nicht hinlänglich genäßte Stelle für die erregende Oberfläche verloren geht, und deßhalb befördert ein mäßiger Druck auf die Säule, wenn er nur nicht so weit geht, die Feuchtigkeit zum Auslaufen und Herabfließen zu bringen, ihre Wirkung. Mittelst des Multiplicators fällt es sehr leicht,

---

* Statt eines Gefäßes Z und statt Gefäßes K kann man deren mehrere, die durch Drähte verbunden sind, anwenden, [illegible]

** Ich bemerke hier, daß die beiden [illegible] Verstärkungen [illegible] in der Wirkung [illegible] bei gleicher erregender Oberfläche [illegible] Multiplicators [illegible] wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, [illegible] in dem [illegible] an den Platten [illegible] Uebrigens ist es, wie nachher [illegible], gleichgültig, ob [illegible] erregende Oberfläche in einer Zelle [illegible]

*** Gautherot in Gilb. XVIII. 360. — Volta in Journ. de phys. LIII. — Van Marum in Gilb. X. 145.

sich zu überzeugen, wie mit dem Druck der Elektromotorplatten gegen die feuchte Scheibe die Wirkung zunimmt.

2) Taucht man eine Kupfer- oder Zinkplatte in ein gesondertes Gefäß voll Flüssigkeit und verbindet sie dann metallisch mit der entsprechenden Platte einer Kette, die sich in einem andern Gefäße angeordnet findet, so findet hiedurch eben so wenig Verstärkung Statt, als wenn man die Platte schlechthin in der Luft angefügt hatte; dagegen tritt diese Verstärkung sofort ein, wenn man nun zu dieser Platte eine heterogene hinzutaucht, und diese gleichfalls mit der ihr correspondirenden Platte im ersten Gefäße metallisch verbindet; weil dann jedes Gefäß für sich eine Kette enthält, die aber durch die verbindenden Drähte zu einer einzigen vereinigt ist.

3) Ich habe mich durch eigne Versuche mittelst der Methode der Oscillationen überzeugt, daß es für die Wirkung vollkommen gleichgültig ist, ob man dieselbe Größe der erregenden Oberfläche in Einer Zelle anwendet, oder sie in zwei verschiedene Zellen vertheilt, indem man einmal ein einziges Plattenpaar in einer ganz gefüllten Zelle, ein andresmal zwei metallisch verbundene Plattenpaare in zwei dergleichen halb gefüllten Zellen anwendet. Dies erlaubt, Resultate, die an Ketten, auf letztere Art zusammengesetzt, gefunden sind, auf einfache Plattenpaare, von gleicher erregenden Oberfläche, als die Summe jener beträgt, überzutragen.

Die beiden Versuche, die ich darüber angestellt habe, und die mir entscheidend genug erschienen sind, um mich dabei zu beruhigen, waren folgende:

I.

A. Ein Plattenpaar Zinkkupfer, durch die einfache Multiplicatorlänge geschlossen, in einer ganz mit Brunnenwasser gefüllten Zelle.

B. Zwei zu Einer erregenden Oberfläche verbundene eben solche Plattenpaare in zwei, halb mit Brunnenwasser gefüllten, Zellen.

Fortgezählte Zeittheile zu den successiven 6 Osc. von Anfange der Schließung an *.

A.	B.
18,5	18,5
36,5	37 —
55	55
74	74
93	93,5

* Kraft der Erde = 165 t zu 20 Osc.

II.

Mit der vorigen vergleichbare Ketten; durch die 11fache Multiplicatorlänge geschlossen.

A.	A.	B.
16,5	16,5	16,5
33,5	32,5	33
51	50	50
69	68	67,5.

Es erhellt hieraus, daß nicht nur die anfängliche Kraft, sondern auch der Gang der Wirkungsabnahme sich in zwei, auf diese verschiedene Art angeordneten, Ketten gleich bleibe.

Man hat zum Theil die Annahme gehegt, die Wirkungsverstärkung, welche die Kette durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche erfähret, rühre nicht sowohl von Verminderung des Leitungswiderstandes oder daher, daß der Strom einen leichtern Weg durch eine große als eine kleine Berührungsfläche des Metalls mit der Flüssigkeit findet, als daher, daß die gemeinschaftliche Berührungsfläche der Metalle mit der Flüssigkeit der Hauptsitz der Erregung der in der Kette wirksamen El. sey; so daß mit Vergrößerung dieser Berührungsfläche die Quantität wirksamer El. zunehme.

Allein abgerechnet, daß jene Wirkungsverstärkung ganz analoge Gesetze mit derjenigen befolgt, welche man durch Verstärkung oder Verdünnung der festen Leiter in der Kette erhält, so läßt sich auch durch folgenden directen Versuch, den ich angestellt habe, der Ungrund dieser Ansicht nachweisen.

Man ordne eine gewisse paare Anzahl Plattenpaare Zink-Kupfer, für deren Homogeneität man alle Sorge tragen muß, in einem Tregorparat an, so daß sie gleich einer Säule wirken; jedoch in der Art, daß die eine Hälfte der Elemente den andern entgegengesetzt disponirt sey, d. h. daß sie Ströme von entgegengesetzter Richtung hervorzubringen streben. Die Leitungsflüssigkeit sey überall Wasser. Welche Ansicht man auch von der wesentlichen Natur der Kette hegen mag, sobald in allen Zellen erregende Oberfläche und Beschaffenheit der Flüssigkeit sich gleich sind, wird die Wirkung dieser Kette merklich null seyn müssen, weil ihre gleichen und entgegengesetzten Ströme sich wechselseitig compensiren; und dies findet sich in der That durch den Multiplicator, welcher die Kette schließt, bestätigt.

Allein dieselbe Compensation der Wirkungen findet auch dann Statt, wenn man die erregende Oberfläche der Elemente in der einen Zelle viel größer als die der entgegengesetzt disponirten einrichtet, indem man die Zellen an jenen höher hinauf mit Wasser füllt als die Zellen an diesen. Ja was noch mehr ist, diese Compensation besteht selbst dann, wenn man in die Zellen, worin die größern erregenden Oberflächen enthalten sind, eine beliebige Quantität Salz-

ſäure hinzufügt. Im letzten Falle beſteht das Gleichgewicht allerdings nur im erſten Augenblicke, denn allmälig ſieht man einen Ausſchlag des Multiplicators ſich entwickeln; allein, was bemerkenswerth iſt, dieſer zeigt gerade ein wachſendes Uebergewicht derjenigen Plattenpaare an, welche in den Zellen mit unverändert ſchwach gebliebener Flüſſigkeit vorhanden ſind, und der beſte Beweis, daß dieſer Ausſchlag blos von allmäliger Veränderung der Oberfläche der Metalle durch die Flüſſigkeit in den einen Zellen herrührt, iſt der, daß er allmälig zunimmt, während ſonſt jede urſprünglich durch Heteregeneität wirkſame Kette im Laufe des Geſchloſſenſeyns immer mehr an Stärke abnimmt.

Offenbar lehrt dieſer Verſuch ſo viel, daß die **Quantität** der erzeugten Elektricität weder von der Größe der erregenden Oberfläche noch von der Beſchaffenheit der Leitungsflüſſigkeit abhängig ſeyn könne, indem ſonſt unſtreitig die Elemente, in denen dieſe Umſtände das Uebergewicht haben, auch einen ſtärkern Strom erzeugen müßten, als die entgegengeſetzt diſponirten Elemente. Dagegen iſt das vorige Ergebniß eigentlich nur eine reine Folgerung aus der Anſicht, daß vorgenannte Umſtände blos durch ihren Leitungswiderſtand in Betracht kommen, weil dieſer Widerſtand vom Strome der beiderſeitigen Elemente in gleichem Grade auf ihrem Wege angetroffen wird.

Wenn wir ſonach berechtigt ſind, die Wirkungsverſtärkung durch die erregende Oberfläche blos von Verminderung des Leitungswiderſtandes abhängig zu nehmen, ſo werden ſich mit Zuziehung des im 16ten Capitel erörterten Grundgeſetzes folgende Beſtimmungen für dieſelbe ergeben *.

1) Die Kraft des Stroms nimmt im Allgemeinen in einem geringern Verhältniſſe als die erregende Oberfläche zu, in merklich gleichem Verhältniſſe jedoch dann, wenn der Widerſtand der feſten Leiter gegen den Widerſtand in der Flüſſigkeit verſchwindet. Da letzterer ſich bei Säulen nach Maßgabe der Anzahl von Plattenpaaren vervielfältigt, ſo kann man immer annehmen, daß bei Schließung von vielplattigen Säulen durch nicht gar zu lange metalliſche Leiter die Wirkung ſehr weit hinaus im geraden Verhältniß der Größe der Platten, oder der Zahl der mit den gleichnamigen Polen vereinigten Säulen zunimmt; was jedoch nicht

* Der Einfachheit halber setze ich solche Ketten voraus, in denen der Querschnitt der Flüssigkeit im gleichen Grade mit der erregenden Oberfläche wächst, mithin der elektromotorische Widerstand der Flüssigkeit und der Widerstand des Ueberganges (zusammen Widerstand in der Flüssigkeit) gleichviel abnehmen. Vergrößert man blos die erregende Oberfläche, während die Dimensionen der Flüssigkeit ungeändert bleibt, was z. B. in dem §. 240 beschriebenen Falle geschehen kann, so ergeben sich die Modificationen, die man an obigen Bestimmungen vorzunehmen hat, daraus, daß der Widerstand der Flüssigkeit dann nicht im gleichen Verhältniß mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche abnimmt.

mehr der Fall seyn wird, wenn die Schließung durch schlechtere Leiter, wie z. B. Flüssigkeiten oder den menschlichen Körper geschieht.

2) Je weiter die Vergrößerung der erregenden Oberfläche getrieben wird, um desto geringer wird verhältnißmäßig die entsprechende Zunahme von Kraft, und zuletzt kommt man stets auf eine Gränze, über welche hinaus weitere Vergrößerung der erregenden Oberfläche nichts Merkliches mehr zur Wirkungsverstärkung beiträgt *.

3) Das Maximum der Wirkung, was so erreicht zu werden vermag, wird um so eher erreicht, je geringer der Leitungswiderstand in der Flüssigkeit im Verhältniß zum Leitungswiderstand der festen Leiter ist, um so später, je mehr das umgekehrte Verhältniß Statt findet. Die Größe dieses Maximums ist unabhängig von der Stärke der Leitungsflüssigkeit, ist aber um so geringer, je größer der Leitungswiderstand des Drahts ist.

4) Das Maximum wird in den ersten Wirkungsperioden der Kette früher (d. h. bei einer kleinern Oberfläche) erreicht als in den spätern, und die verhältnißmäßige Wirkungszunahme durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche ist größer in den spätern als in den frühern Perioden, so daß oft in den spätern Perioden die Wirkung weit hinaus der Größe der erregenden Oberfläche merklich proportional wächst, wenn dies auch in den frühern nicht der Fall war.

5) In allen spätern Perioden der Kette wird die Wirkung derselben mehr durch Vergrößerung der negativen als der positiven Platte verstärkt.

6) Das genaue Verhältniß, nach welchem die Kraft des Stroms von der Größe der erregenden Oberfläche abhängt, ist in Worten ausgedrückt, folgendes:

Die Kraft des Stroms ist bei gleichgesetzter elektromotorischer Kraft der Kette umgekehrt proportional dem Widerstande der schließenden festen Leiter ** plus dem durch die Größe der erregenden

* Die absolute Gränze, wo die Wirkung mit Vergrößerung der erregenden Oberfläche zuzunehmen aufhört, würde allerdings erst ins Unendliche fallen; allein da aber eine gewisse Größe der Oberfläche hinaus die Kraft nur verhältnißmäßig noch sehr wenig zunimmt, so wird sich immer bei unsern Beobachtungsmitteln, welche zu feine Differenzen nicht mehr zu schätzen erlauben, eine merkliche Gränze einstellen, wo nämlich der Unterschied der Wirkung von dem absolut erreichbaren Maximum schon so klein ist, um nicht mehr wahrgenommen werden zu können. Begreiflich muß es hienach [illegible] die Größe der Oberfläche, bei welcher das beobachtete Maximum eintritt, auch mit auf die Empfindlichkeit der Beobachtungsmittel ankommen. [illegible] bei obenstehenden Erörterungen als [illegible].

** Oder überhaupt der Leiter, deren Widerstand unverändert bleibt, indem z. B. zu diesem Widerstande auch der [illegible] Widerstand zu rechnen seyn würde, den eine in den Schließungsdraht gesetzte Röhre mit Flüssigkeit äußert, deren Länge und Querschnitt man unverändert läßt, während man die erregende Oberfläche verändert.

Oberfläche dividirten Leitungswiderstande in der Flüssigkeit *. Ich halte es für unnöthig, in ein ausführliches Detail über die theoretische Herleitung der hier angeführten Sätze aus den im 16ten Capitel gegebnen Grundbestimmungen über die Kette einzugehen; blos über den 4ten und 5ten werde ich nachher noch einige Erörterungen hinzufügen. Was die experimentale Bewährung derselben betrifft, so kann man einen großen Theil derselben aus den Versuchsreihen schöpfen, die ich im 18ten Capitel zur Bewährung der Formel angeführt habe, durch welche sich die Wirkungszunahme durch die erregende Oberfläche ausdrücken läßt, und andere genaue Belege werden meine galvanischen Maßbestimmungen darbieten.

So sieht man in der Versuchsreihe S. 201 unter IV. einen Zustand der Kette, in welchem sich der Widerstand der metallischen Leiter zum Widerstande in der Flüssigkeit bei einfacher erregender Oberfläche wie 0,0429 zu 1,1952 verhielt, die elektromotorische Kraft dieser Kette gleich 1 gesetzt. Zufolge der unter 6) gegebenen Regel konnte also die Kraft dieser Kette bei der einfachen erregenden Oberfläche durch $\frac{1}{0{,}0429 + 1{,}1952}$ d. i. durch 0,808 ausgedrückt werden. Bei der doppelten erregenden Oberfläche geht der Widerstand in der Flüssigkeit nur noch zur Hälfte in den Gesammtwiderstand ein, und die Kraft der Kette wird hier sonach durch $\frac{1}{0{,}0429 + \frac{1{,}1952}{2}}$ d. i. durch 1,56 ausgedrückt werden, bei der 6fachen erregenden Oberfläche wird die Kraft seyn $\frac{1}{0{,}0429 + \frac{1{,}1952}{6}}$ = 4,13; und man sieht, wie genau diese berechneten Werthe der vorletzten Columne mit den beobachteten der vorhergehenden übereinstimmen. Das möglicherweise durch die erregende Oberfläche zu erreichende Maximum der Kraft dieser Kette würde seyn $\frac{1}{0{,}0429}$ = 23,31; wenn nämlich der, der Größe der erregenden Oberfläche entsprechende, Divisor der Zahl 1,1952 so groß würde, daß diese Zahl merklich verschwände. Diese Gränze könnte erst bei einer unendlichen Oberfläche genau erreicht werden; aber die ihr nahe Kraft 23 würde durch eine 2058fache Oberfläche, und die Kraft 18,2 bei einer hundertfachen Oberfläche erreicht werden; wonach, während von der einfachen bis zur doppelten Oberfläche die Kraft im Verhältniß von 0,808 zu 1,56, d. i. fast um das Doppelte steigt, sie von der 100fachen bis zur 2058fachen Oberfläche nicht mehr um $\frac{1}{4}$

* Auf S. 175 ist ein Beispiel zur Erläuterung dieses Gesetzes angeführt; und S. 200 findet man die Formel, die es ausdrückt.

des bei der hundertfachen Fläche Statt findenden Werthes, und von da an bis zu einer unendlichen Oberfläche faſt nicht merklich mehr ſteigen kann.

Nimmt man ähnliche Berechnungen für die frühern Wirkungsperioden der nämlichen Kette unter I. II. III vor, ſo ſieht man, daß z. B. bei I. daſſelbe angenäherte Maximum, was bei IV erſt durch eine 2058fache Oberfläche erreicht iſt, ſchon bei einer 582fachen Oberfläche erreicht werden würde, und ſucceſſiv bei einer immer größern erregenden Oberfläche, je ſpäter die Wirkungsperiode der Kette fällt. — Bei ſtärkerer Leitungsflüſſigkeit, längerm Schließungsdraht und zu Anfange des Geſchloſſenſeyns der Kette kann aber das Maximum ohne allen Vergleich bei kleinern Oberflächen erreicht werden, wovon ich nachher Beiſpiele geben werde.

Vergleicht man ferner die Beobachtungsreihen auf S. 203 und S. 204, ſo findet man, daß im einen Falle, wo zur Schließung mehrerer combinirten Säulen blos ein breiter Meſſingbügel angewandt wurde, die Kraft ſo genau, daß ſich keine Abweichung mittelſt der Beobachtung wahrnehmen ließ, im Verhältniß der Anzahl der mit den gleichnamigen Polen verbundenen Säulen zunahm, dagegen im andern unter ſehr ähnlichen Umſtänden beobachteten Fall, wo ein Multiplicator dazu angewandt ward (S. 204 III.), die Kraft ſchon in merklich geringerm Verhältniſſe als die Zahl der verbundenen Säulen zunahm, und in noch ohne Vergleich geringerm Verhältniſſe, als in die Kette Zwiſchenleiter mit Flüſſigkeit gebracht wurden.

Zu den genau meſſenden Verſuchen, welche im 18ten Cap. angeführt worden ſind, und zu denen ich noch mehrere in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen fügen werde, halte ich es nicht für überflüſſig, hier noch die Reſultate einer Verſuchsreihe zu fügen, welche namentlich in Bezug auf das Maximum der durch Vergrößerung der erregenden Oberfläche zu Anfange des Geſchloſſenſeyns der Kette unter verſchiedenen Umſtänden zu erreichenden Wirkung angeſtellt worden iſt.

Das Verfahren bei dieſer Verſuchsreihe war in mehrerer Hinſicht nicht von der Art, daß die Oscillationszahlen der nachfolgenden Tabelle zu Berechnung der genauen Verhältniſſe der Kräfte dienen könnten *, die daher auch dabei unterlaſſen worden iſt; blos Differenzen

* Schon deshalb nicht, weil die erſten Oscillationen bei kleinen Verſuchen mit ſtarker Leitungsflüſſigkeit im Allgemeinen zu ſchnell aufeinander folgen, als daß wesentliche Zeitunterſchiede in Schätzung von Bruchtheilen der Sekunde wahrnehmbar werden, da bei der geringen Anzahl von beobachteten Oscillationen einem zu ſtarken Einfluß auf das Reſultat erhalten. Bei andern Versuchen, welche zu gleichem Zwecke dienen ſollen, und bei welchen, um den Einfluß der Wirkungsperiode möglichſt zu beſeitigen, nur die erſten Oscillationen gezählt werden, muß man ſich durch Wiederholung der Verſuche und die möglichſte Aufmerkſamkeit in Schätzung der Zeitpunkte dagegen zu ſichern ſuchen.

ſollen dadurch angezeigt werden, zu Ziehung von Reſultaten im Allgemeinen, wozu es eine vollkommen genügende Annäherung gewährt. Es wurde dabei in folgender Art zu Werke gegangen.

Ein Plattenpaar Zink-Kupfer, auf welchem 7 Abtheilungen, jede von 7 Quadratzoll markirt waren, wurde bis zu 6 Abtheilungen in ein hohes Cylinderglas mit Leitungsflüſſigkeit eingeſenkt. Die Platten waren in einem beſtändigen Abſtande von einander fixirt, jedoch ſo eingerichtet, daß ſie beliebig aus einander genommen und gereinigt werden konnten. Der Kreis ward (Spalte b und c) mittelſt eines Multiplicators geſchloſſen, bei dem ich ſchon zuvor die Bemerkung gemacht hatte, daß bei der ſtärkſten Leitungsflüſſigkeit und den größten Zink-Kupferflächen die Kraft, die er durch die Methode der Oscillationen anzeigte, nicht über 9t (9 Zeittheile, jeden zu 2 Sec.) für die erſten 4 Oscillationen nach Schließung der Kette ſtieg, während unter dem Einfluß der Erdkraft allein die Nadel hiezu 71t brauchte. Um jedoch bei der nachfolgenden Verſuchsreihe die Erreichung des Maximums und die Schätzung der Zeittheile zu erleichtern, wurde gleich Anfangs dem Multiplicator noch eine andere ſehr bedeutende Länge überſponnenen Drahts hinzugefügt (Spalte b), wodurch, wie man ſieht, das Maximum auf 12t zu 8 Osc. oder 6t zu 4 Osc. ſank. Hiezu wurde bei der Verſuchsreihe (Spalte c) noch eine zweite bedeutende Drahtlänge geſetzt, wodurch das Maximum auf 9t zu 4 Osc. ſank. In der Verſuchsreihe (Spalte a) wurde ſtatt des Multiplicators der S. 151 beſchriebene breite Meſſingbügel angewandt, deſſen Doppelnadel 19,5t zu 2 Osc. brauchte.

Die bis zu 6 Abtheilungen in die Flüſſigkeit geſenkte Doppelplatte ward etwa drei Minuten darin gelaſſen, bevor die Kette geſchloſſen ward. Bei der jetzt erfolgenden Schließung wurde blos die Zahl t zu den erſten 4 Osc. beobachtet, um den Einfluß der Wirkungsabnahme möglichſt zu beſeitigen. Darauf ward die Kette ſofort wieder geöffnet, die Doppelplatte um Eine Abtheilung aus der Flüſſigkeit emporgehoben und wieder 2 bis 3 Minuten gewartet, bevor abermals geſchloſſen und die neue Anzahl von t während der 4 erſten Oscillationen gezählt ward. Dies deshalb, damit die während der erſten Schließung etwa Statt gehabte Schwächung der Kette Zeit gewönne, ſich wieder auszugleichen (vergl. S. 157). In dieſer Art ward bis zu den letzten Abtheilungen fortgefahren und nach jeder ſolchen Verſuchsreihe die Platten friſch geſcheuert. Das Ergebniß dieſer Verſuche iſt in folgender Tabelle zuſammengeſtellt.

	Abtheilungen der Doppelplatte, welche eingetaucht sind.	Zahl von 1 bei breitem Mul[illegible] statt Multiplicator. (2 Dec.) a	Multiplicator mit [illegible] Drahtlänge. (4 Dec.) b	Multipl. mit [illegible] einer [illegible] Drahtlänge. (4 Dec.) c	Leitungsflüssigkeit.
I.	6	13	6	9	Wasser mit [illegible] Vol. rauchender Salzsäure.
	5	15	6	9	
	4	16 +	6	9	
	3	18 +	6	9	
	2	20	6	9	
	1	22	6	9	
	½	7	8	11	
II.	6	....	6	9	Wasser mit [illegible] Vol. rauchender Salzsäure.
	5	....	6 +	9	
	4	....	7	9	
	3	....	7	9	
	2	....	8 —	9 +	
	1	....	9 —	10 —	
	½	....	10 —	12,5	
III.	6	....	....	9	Wasser mit [illegible] Vol. rauchender Salzsäure.
	5	....	....	9 +	
	4	....	....	10 —	
	3	....	....	10	
	2	....	....	11	
	1	....	....	14 —	
	½	....	....	17	
IV.	6	....	6	9	Salmiackflüssigkeit, über die Hälfte mit Wasser verdünnt.
	5	....	6	9	
	4	....	7	9	
	3	....	6	9	
	2	....	7	9	
	1	....	7	9	
	½	....	7	10	

Durch Vergleichung der in den verſchiedenen Columnen enthaltenen Reſultate wird man faſt alle die Folgerungen wiederfinden können, die wir oben in den Sätzen ausgeſprochen haben.

Was zuvörderſt den Einfluß des Leitungswiderſtandes, den das Metall in der Kette äußert, betrifft, ſo ſieht man, daß bei dem einfachen Metallbügel in der Spalte a noch bei 5 Oberflächen kein Maximum erreicht iſt, wohl dagegen bei dem Multiplicator, und aus Vergleichung von II. b mit II. c erhellt, daß dieſes Maximum um ſo früher erreicht iſt, je größer die Länge des Drahts iſt. Ferner erhellt aus Vergleichung der Spalte b mit der Spalte c, daß die abſolute Größe dieſes Maximums um ſo höher ausfällt, je geringer der Leitungswiderſtand des Drahts iſt; denn in b iſt es 61 während es in c 91 iſt. Ich hatte damals, als ich dieſe Verſuchsreihe anſtellte, noch keine verglichenen Multiplicatorlängen anwenden können, ſonſt würde ſich unſtreitig ein Bezug der dieſen Zahlen entſprechenden Kräfte zu den angewandten Längen gefunden haben. Ich werde aber in meinen galv. Maßbeſtimmungen andere, und zwar meſſende, Verſuche anführen, welche den Einfluß verſchiedener Drahtlängen bei verſchiedener Oberfläche der Platten kennen lehren.

Den Einfluß der Leitungsflüſſigkeit andrerſeits anlangend, ſo hatte ich mich ſchon durch frühere, unter übrigens gleichen Umſtänden in anderem Bezuge angeſtellte, Verſuche überzeugt, daß bei bloßem Brunnenwaſſer bei 6 Abtheilungen noch kein Maximum erreicht war. Vergleicht man ferner die Quercolumnen I. bis IV., ſo ſieht man, daß in jedem Fall das Maximum für ſtärkere und ſchwächere, ja ſogar für verſchieden geartete, Leitungsflüſſigkeiten gleich ausfällt, daß es aber um ſo eher erreicht wird, je ſtärker die Leitungsflüſſigkeit wird. Noch durch beſondere Verſuche habe ich mich überzeugt, daß auch bei viel ſtärkern Leitungsflüſſigkeiten, als in der Tabelle angegeben, die Wirkung für den Multiplicator bei Hinzufügung der einen und andern Drahtlänge nie reſpectiv über 61 und 91 zu bringen war. So blieb die Wirkung bei Waſſer mit $\frac{1}{2}$ Salzſäure von 6 Abtheilungen bis 1 Abtheilung = 91 und nahm erſt darunter ab. Ja, ſelbſt bei Anwendung von ſo viel Säure, daß die tumultuöſeſte Gasentwickelung erfolgte, konnten jene Grade der Kraft nicht überſchritten werden.

Eine analoge Verſuchsreihe, als mit den verſchiedenen Verdünnungsgraden von Salzſäure, habe ich auch mit verſchiedenen Verdünnungsgraden von Salmiakloſung angeſtellt. Die hiebei erhaltenen Reſultate waren den vorigen ſo analog, daß ich glaube, ſie übergehen zu können.

An die hier erwähnten Verſuche läßt ſich die Auffoderung zu einem andern Verſuche knüpfen, welcher Reſultate von Intereſſe darbieten kann. Es iſt bekanntlich mit Zamboniſchen Säulen nicht oder kaum geglückt, die der geſchloſſenen Kette eigenthümlichen Phänomene zu erhalten. Es erhellt aber aus dem Vorſtehenden, daß, je ſchlechter

die Leitungsflüssigkeit einer Kette ist, um so mehr trägt Vergrößerung der Oberfläche zu ihrer Wirkung bei, während andererseits aus der von uns auseinandergesetzten Theorie, in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, folgt, daß um so weniger Vervielfältigung der Plattenpaare zu ihrer Verstärkung wirkt. Um die Phänomene der geschlossenen Kette mit Zambonischen Säulen zu erhalten, würde es daher nöthig seyn, anstatt vieler, vielmehr große Oberflächen anzuwenden; und es ist die Frage, ob man auf diese Weise nicht sehr nützliche und dauerhafte Apparate würde erhalten können. Es ist meine Absicht, wenn es mir nicht an Zeit und Mitteln dazu fehlt, Versuche hierüber anzustellen.

Daß ähnliche Verhältnisse, als hier im Gebiete der elektromagnetischen Wirkungen für sich Statt finden, auch in Bezug auf die verschiedenen Wirkungen der Kette unter einander gelten, ist schon früher bekannt gewesen. So weiß man, daß die physiologischen Wirkungen fast gar nicht merklich mit der Größe der erregenden Oberfläche wachsen *; sehr bedeutend im Allgemeinen die Glühwirkungen und die elektromagnetischen (bei nicht zu schlechten Zwischenleitern), in mittlerem Grade die chemischen; ganz nach der Ordnung des Widerstandes, den der schließende Zwischenleiter bei diesen Wirkungen äußert. Ferner fand Ritter **, daß es auch außer der physiologischen hinsichtlich der übrigen Wirkungen für jede bestimmte Plattenzahl einer Säule eine Gränze der Breite der Platten giebt, über welche hinaus weitere Vergrößerung derselben keinen in Betracht kommenden Vortheil mehr gewährt, daß diese Gränze um so näher liegt, je besser die Flüssigkeit in der Säule leitet, um so weiter andererseits hinausfällt, je besser die Leitung des schließenden Bogens ist.

Bei allen verstehenden Erörterungen wurde vorausgesetzt, daß positive und negative Flächen in gleichem Verhältnisse verändert werden. Sehr bemerkenswerthe Ergebnisse aber erhält man, wenn man einmal eine größere positive Fläche gegen eine kleinere negative wendet, und das andremal umgekehrt verfährt. Der Effect wird — in allen spätern Wirkungsperioden der Kette — ausnehmend verschieden für beide Fälle seyn; die Wirkung nämlich unverhältnißmäßig größer für den letzten Fall, wonach es von Vortheil ist, eine große negative Fläche gegen eine kleine positive anzuwenden.

Ritter war es, der zuerst diese Thatsache als eine Folgerung von Schweigger's Versuchen *** aussprach; und später haben Wollaston und Marianini † dieselbe Beobachtung gemacht.

---

* Sowohl nach Ritter's als Simon's (Gilb. VIII. 393) Erfahrungen jedoch findet allerdings ein gewisses Wachsthum der Wirkung hiedurch Statt, was unstreitig bei schlechter leitender Flüssigkeit leichter zu bemerken seyn wird, als bei besser leitender.

** Gilb. XIX. 37.

*** Gehlen J. VII. — Schweigg. J. XXXIII. 19, XLI. 464. 490; XLIII. 82; L. 143.

† Saggio di esp. etc. 23. 173. 180.

Bei dieſen allgemeinen Thatſachen indeß blieb man bis jetzt ſtehen. Ich ſelbſt habe mittelſt der Methode der Oscillationen die Verſuche darüber wieder aufgenommen und bin dadurch zu manchen ſehr bemerkenswerthen Ergebniſſen gelangt, die ich hier anführen will.

Ich habe zuvörderſt gefunden, daß dieſes Uebergewicht der Wirkung, welches die Vergrößerung der negativen vor der der poſitiven Fläche voraus hat, nur eine Erſcheinung der ſpätern Perioden der Kette iſt; und daß die Wirkung für die erſte Zeit nach der Schließung wo nicht ganz, doch faſt ganz eben ſo ſtark iſt, mag man eine große poſitive Fläche (Zinn oder Zink) gegen die vier-, fünf- bis zwölffache negative anwenden, oder umgekehrt, und dies nicht allein in Brunnen- ſondern auch in ſalzſaurem Waſſer. Ich ſage mit Fleiß wenigſtens faſt ganz dieſelbe; denn allerdings habe ich, wenn ich die Wirkung durch die Zeit der vier erſten Oscillationen maß, bei großem Zink gegen kleines Kupfer, manchmal eine etwas ſchwächere Wirkung erhalten, als wenn ich in denſelben Verhältniſſen kleines Zink gegen großes Kupfer anwandte, und dieß namentlich, wenn die kleinere Oberfläche an ſich ſehr klein war; allein auch hier war die Differenz ohne alles Verhältniß kleiner, als in ſpätern Perioden, und ich habe guten Grund, ſie von folgender Erſcheinung abzuleiten, welche conſtant wahrgenommen wird.

Die Wirkung der Kette nimmt unverhältnißmäßig ſchneller ab, wenn man eine große poſitive Platte einer kleinen negativen entgegenſetzt, als im umgekehrten Fall.

Die durch die Zeit der vier erſten Oscillationen gemeſſene ſchwächere Wirkung der vergrößerten Zink- als Kupferfläche, wo ſie Statt findet — denn öfters wird ſelbſt die Differenz noch durch die nächſt folgenden Oscillationen nicht merklich, was auf die Nebenumſtände des Leitungswiderſtandes anzukommen ſcheint — rührt alſo wahrſcheinlich von der ſchon während der erſten Zeitſecunden bemerklich werdenden Wirkungsabnahme der Kette ab.

Wegen der Merkwürdigkeit dieſer Ergebniſſe habe ich meine Verſuche über dieſen Gegenſtand für die erſten Perioden der Kette ſehr vervielfältigt. Ich will zum Belege blos einige meiner Verſuche hierüber anführen, theils wo die Wirkung während der erſten vier Oscillationen völlig gleich, theils wo ſie im einen Fall etwas ſchwächer als im andern war *.

I.

Eine kleine Kupferplatte wurde zwiſchen 4 großen Zinkplatten (Verſuch Zk), und dann unter denſelben Umſtänden eine kleine Zinkplatte zwiſchen 4 großen Kupferplatten (Verſuch Kz) angeordnet wie

* Es bedeute allemal bieder Verſuch Zk wo die poſitive Fläche, Kz wo die negative die größere war.

Fig. 37 u. 38 im Schema zeigt. Die Gesammtfläche der 4 großen Platten verhielt sich zur Fläche der einen kleinen wie 11¼ zu 1. Die Flüssigkeit war Wasser in einem weiten Troge. Die Nadel brauchte unter dem Einfluß der bloßen Erdkraft 164 Zeittheile (t) zu 20 Osc.

Beim Versuch Zk wurden unter dem Einfluß der Kette unmittelbar von der Schließung an 16t zu 4 Osc. gebraucht, welches einer Kraft 3,25 entspricht; bei Versuch Kz 15¼t* = 3,64 Kraft. Mithin wich die Kraft zu Anfang der Schließung wenig von einander ab. Allein nach 5 Minuten brauchte die Nadel unter dem Einfluß der Kette Zk 129t, welches 0,635 Kraft entspricht; die Kette Kz blos 90t (= 2,36 Kraft) zu 20 Oscillationen. Während also bei der Kette Zk die Kraft auf 0,195 ihres ursprünglichen Werthes gesunken war, war sie bei der Kette Kz in derselben Zeit blos auf 0,648 ihres Werthes gefallen; oder die respectiven Wirkungsabnahmen verhielten sich wie 1 : 3,3. Nach 5 Minuten war bei Zk die Kraft = 0,516, bei Kz = 1,85.

Die Differenz in dem Verhältniß der Wirkungsabnahme wird um so größer, je größer die Differenz der heterogenen Oberfläche bei beiden Versuchen ist.

In der That bei zwei ganz analogen Versuchen, wo die der kleinern Oberfläche von beiden Seiten entgegengesetzte heterogene Oberfläche (nach dem Schema von Fig. 39 und 40) blos das Doppelte von jener betrug, verhielten sich die anfänglichen Kräfte durch die ersten 4 Oscillationen (16t und 17t) gemessen respectiv wie 3,20 zu 2,72; jene war nach 5 Minuten auf 0,605, diese auf 0,412 gesunken, welche Wirkungsabnahmen sich wie 1 : 1,2 verhalten.

II.

Ein etwas anders angeordneter Versuch**: Verhältniß der ungleichen Oberfläche Zink-Kupfer = 1 : 6. Wasser mit [illegible] Vol. Salzsäure; die ersten 4 Osc. wurden bei Versuch Zk wie Kz in 8t vollbracht und diese Gleichheit erstreckte sich bis auf 12 Osc., die vom Anfange an gerechnet bei beiden Versuchen in 27t geschahen. Nach 10 Minuten war in Versuch Zk die Wirkung auf 72,5t*** zu 20 Osc. gesunken; bei Versuch Kz blos auf 65,5t. Als derselbe Versuch mit einer Kupfer-Zinnkette wiederholt wurde, erstreckte sich die anfängliche Gleichheit der Zahl t nur auf 6 Osc.,

---

* Der Bruchtheil durch Schätzung bestimmt.

** U. a. war bei dieser Versuchsreihe das eine Metall nicht wie bei den vorigen gegen beide Flächen des andern vertheilt, sondern stand ihm blos von Einer Seite gegenüber. Ausdrücklich jedoch bemerke ich, daß ich die völlige Coincidenz der ersten Oscillationen auch in solchen Fällen oft genug wahrgenommen habe, wo die Anordnung wie bei Versuch I. war; denn sonst konnte man Grund haben, die anfängliche völlige Coincidenz einem nachher zu erwähnenden Umstande bei der Anordnung im Versuch II. beizumessen.

*** Bei einer Erdkraft = 164t zu 20 Osc.

von denen die erſten 4 in 12,5t vollbracht wurden. Nach 10 Minuten war bei Kz die Kraft auf 110t zu 20 Osc. geſunken, bei Zk auf 140,25t, beides Mittel aus zwei faſt genau zuſammenſtimmenden Verſuchsreihen. Als nach 10 Minuten bei Zink-Kupfer Zk die Hälfte des Zinks aus der Kette gelaſſen wurde, fiel die Kraft 72,5t auf 75t; bei der Zinn-Kupferplatte dagegen war bei Weglaſſung der Hälfte Zinns nach derſelben Zeit nicht die geringſte Wirkungsabnahme ſpürbar.

Berechnet man die Data dieſer Verſuche, ſo ergiebt ſich daraus, daß bei einer Zink-Kupferkette die Differenz in der Wirkungsabnahme für Kz und Zk viel kleiner als bei Zinn-Kupfer iſt, ein Reſultat, das ich ſchon wiederholt, auch in bloßem Brunnenwaſſer und überhaupt unter ganz andern Umſtänden, wiedergefunden habe; zugleich erhellt, daß nach derſelben Zeit, wo die Größe des Zinns ſchon nicht mehr wahrnehmbar zur Wirkung beiträgt, das Zink noch einen bemerklich werdenden Einfluß darauf hat, ein Reſultat, was ich ebenfalls während tage- ja faſt wochenlang fortgeſetzter Verſuche wieder gefunden habe; denn während es in verhältnißmäßig ſehr kurzer Zeit nach der Schließung gar keinen oder blos einen faſt zu vernachläſſigenden Unterſchied machte, ob die einfache oder 4 bis 6fache Zinnfläche einer größern Kupferfläche gegenüber ſtand, war bei Zink unter denſelben Umſtänden und wie lange die Kette in ſalzſ. Waſſer geſchloſſen bleiben mochte, hiebei immer noch ein ſehr in Betracht kommender Unterſchied merklich, wiewohl das Weglaſſen von Kupfer auch hier die Kette ohne Vergleich mehr ſchwächte, als das Weglaſſen von Zink.

Bei den Verſuchen, wo ſolchergeſtalt die Größe des Zinns ganz ohne wahrnehmbaren Einfluß auf die Wirkung erſchien, war zugleich umgekehrt die Größe des Kupfers von ſolchem Einfluß, daß die Kraft merklich genau im Verhältniß der aus der Kette gelaſſenen Kupferflächen ſank, d. h. auf $\frac{1}{2}$ fiel, wenn die Hälfte der Kupferfläche weggelaſſen wurde, auf $\frac{1}{3}$, wenn $\frac{2}{3}$ aus der Kette weggelaſſen wurden, während ich es unter denſelben Umſtänden ſelbſt nach langer Zeit nicht dahin mit ganz gleich eingerichteten Zink-Kupferketten zu bringen vermochte.

Das Detail der Verſuche, aus welchen dieſe Reſultate fließen, würde zu ermüdend ſeyn, um hier eine Stelle zu finden; ich verweiſe hinſichtlich deſſelben auf meine galvaniſchen Maßbeſtimmungen.

Alle Umſtände, welche ich bei dieſen Verſuchen wahrgenommen habe, ſprechen dafür, daß das wachſende Uebergewicht, welches die negative Fläche im Laufe des Geſchloſſenſeyns vor der poſitiven in Bezug auf die Beſtimmung der Wirkungsgröße erhält, daher rühre, daß der Leitungswiderſtand des Uebergangs auf dem negativen Metall in ohne Vergleich ſchnellerem Grade zunimmt, als auf dem poſitiven, während er in den erſten Augenblicken nach der Schließung ſich für beide gleich zu verhalten ſcheint.

Nun erhellt sehr leicht, daß, wenn der Widerstand des Uebergangs auf dem Kupfer bei gleicher Oberfläche z. B. 50mal mehr als auf dem Zinn oder Zink beträgt, eine Verdoppelung oder Halbirung dieses Widerstandes durch Veränderung der Größe des Kupfers von viel größerem Einfluß auf den Gesammtwiderstand, von dem die Kraft der Kette abhängt, seyn muß, als wenn man diese Verdoppelung oder Halbirung mit dem Widerstande auf dem Zink oder Zinn vornimmt, der gegen den des Kupfers merklich verschwinden kann. Eben so erhellt, wenn die Entwickelung des Uebergangswiderstandes eine von der Strömung selbst abhängige Erscheinung ist, wie wir allen Grund haben zu glauben, warum die Wirkungsabnahme bei kleinem Kupfer und großem Zink oder Zinn größer seyn muß, als im umgekehrten Fall, ungeachtet anfänglicher Gleichheit des Stroms in beiden Fällen; denn da nach den Erörterungen des 16ten Capitels der Strom sich in einem kleinen Querschnitt mehr concentriren muß, als in einem großen, so wird auch die kleine Kupferfläche einen Strom von relativ stärkerer Intensität durch sich hindurchlassen, als die größere und mithin einen um so stärkern Einfluß erfahren müssen.

Ich kann nicht unterlassen, hiebei noch eines andern, Anfangs sehr unerwarteten, Umstandes zu erwähnen, welcher wahrscheinlich mit dem vorigen im genauen Zusammenhange steht. Ich habe im 16ten Capitel angegeben, daß Zwischenplatten, wenn sie auf dem Wege des Stroms in der Flüssigkeit angebracht werden, eine Schwächung desselben bewirken. Nach allen Beobachtern ist diese Schwächung stärker bei Kupferplatten als bei Zinkplatten, wo sie gemeinhin für nicht sehr in Betracht kommend ausgegeben wird. Ich habe mich jedoch durch Versuche überzeugt, bei welchen dem Strom einer einfachen Zinkkupferkette in Wasser 1 bis 3 Zwischenplatten zu durchlaufen gegeben wurden, daß die gleich zu Anfang beobachtete, mit der Zahl der Zwischenplatten zunehmende, Schwächung der Wirkung völlig gleich für kupferne, als zinkene Zwischenplatten ausfiel, und daß der Unterschied beider ebenfalls erst in spätere Perioden fiel, weil die Kupferplatten im Laufe des Geschlossenseyns Aenderungen erleiden, die wahrscheinlich gleichzeitig den vermehrten Widerstand des Ueberganges und die sogenannte Ladung, von der im 23sten Capitel die Rede seyn wird, bedingen, während die Zinkplatten eine solche Veränderung in kaum merklichem Grade erfahren. Ich habe jedoch bis jetzt noch nicht Zeit gefunden, diese Versuche auf andere Flüssigkeiten als Wasser auszudehnen, hoffe aber in meinen galvanischen Maßbestimmungen hieron ausführlicher sprechen zu können, wo ich zugleich das von mir zu diesen Versuchen gebrauchte Verfahren, welches sehr viel Bequemlichkeit darbietet, angeben werde.

Endlich ist es noch von Wichtigkeit, hinsichtlich der erregenden Oberfläche einen Umstand zu besprechen, welcher die Anordnungsweise derselben betrifft, ein Umstand, bei welchem sich wiederum

meinen Verſuchen zufolge ein ausnehmender Unterſchied hinſichtlich der erſten und hinſichtlich der ſpätern Wirkungsperioden der Kette zeigt.

Setzt man in Brunnenwaſſer — auf welches ich meine Verſuche hierüber bis jetzt beſchränkt habe — einer Zinkfläche eine gleiche Kupferfläche blos von Einer Seite gegenüber und beobachtet die zu Anfange Statt habende Wirkung, ſo wird man finden, daß dieſe Wirkung ausnehmend wenig ſtärker ausfällt, wenn man jetzt den Verſuch mit Verdoppelung oder überhaupt Vervielfachung blos der Einen Fläche wiederholt; man muß die andere Fläche zugleich mit vergrößern, wenn die Wirkung in beträchtlichem Grade wachſen ſoll, und dieſes gilt ſowohl für einen ſehr nahen als einen ſehr weiten Abſtand der Metalle; läßt man dagegen in einer ſpätern Periode aus einer ſolchen Kette z. B. mit der 6fachen Oberfläche Kupfer, die einer einfachen Oberfläche Zink gegenüber ſteht, die Hälfte Kupfer weg, ſo kann jetzt die Wirkung ausnehmend ſtark ſinken.

Unſtreitig hängt dieſer Umſtand zum Theil zuſammen mit den früher gegebenen Erörterungen, zufolge deren die Wirkungsverſtärkung durch die erregende Oberfläche überhaupt in den ſpätern Wirkungsperioden verhältnißmäßig ſtärker als in den frühern iſt. Allein auch die eigenthümliche Anordnungsart der Metalle kommt hiebei in Betracht. Denn ſchon in der erſten Wirkungsperiode läßt ſich eine ſehr große Wirkungsverſtärkung hervorbringen durch bloße Vergrößerung der einen, ſey es nun der poſitiven oder negativen, Fläche *, wenn man nämlich einer Fläche von beiden Seiten zwei heterogene Flächen gegenüber ſetzt, wie in Fig. 39 und Fig. 40. Ich habe mich durch Verſuche unter abgeänderten Umſtänden, ſowohl in einem weiten Troge als in einem Troge, in deſſen Seitenfugen die Platten hineingeſetzt wurden, überzeugt, daß bei dieſer Anordnung die Wirkung gleich vom Anfange der Schließung an genau ſo groß iſt, als wenn man bei übrigens denſelben Umſtänden zwei Platten poſitives Metall zweien Platten negativen Metalls (zu Einer Oberfläche verbunden) entgegenſetzte, ſo daß man ſonach durch dieſe Anordnung gerade die Hälfte Zink erſparen kann **.

Der Unterſchied in den beiden angeführten Anordnungsarten, für den ich in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen die näheren Belege mittheilen werde, beruht unſtreitig auf der Art, wie ſich der Strom durch die Flüſſigkeit zu verbreiten vermag, und wenn er in den ſpätern Wirkungsperioden merklich verſchwindet, ſo kann dieß davon abhängig gemacht werden, daß in dieſen Perioden der Leitungs-

* Vorausgeſetzt, daß bei der poſitiven die erſte Wirkungsabnahme nicht zu ſchnell erfolge.

** Denn die doppelte Fläche Zink gegen die einfache Fläche Kupfer anzuwenden, würde zwar in der erſten Periode denſelben Effect geben, aber für alle ſpätern unnütz ſeyn, wie aus dem Vorhergehenden erhellt.

widerſtand der Flüſſigkeit überhaupt nicht mehr ſehr in Betracht kommt gegen den Widerſtand des Ueberganges, deſſen, mit Veränderung der Oberfläche erfolgende, Aenderung dann faſt allein den Effect bedingt. Eine beſtimmtere Erklärung wäre freilich wünſchenswerth, wird ſich aber nicht eher geben laſſen, bis wir den Gang des Stroms durch die Flüſſigkeiten genauer zu verfolgen wiſſen werden, als zur Zeit noch der Fall.

Endlich erinnere ich noch an einige eigenthümliche Combinationsarten der erregenden Oberfläche, welche zuerſt Schweigger in Anregung gebracht hat, und die darin beſtehen, daß man Kupfer-Zink, zu Einer Oberfläche verbunden, bloßem Kupfer oder bloßem Zink entgegenſetzt. Schon Schweigger hat über ſolche Combinationen mehrere bemerkenswerthe Ergebniſſe bekannt gemacht. Ich habe die Verſuche darüber von einigen Seiten auf meſſende Weiſe von Neuem aufgenommen, und dabei in den ſpätern Wirkungsperioden ſehr intereſſante Verhältniſſe beobachtet, hinſichtlich deren ich jedoch auf meine galv. Maßbeſtimmungen verweiſe, da dieſe Verhältniſſe zur Zeit noch in keine fruchtbaren Beziehungen zu ſetzen ſind.

Zweiundzwanzigſtes Capitel.

Wirkungsverſtärkung durch Combinirung der Plattenpaare nach dem Prinzip der Säule*.

Wir haben S. 66 angegeben, auf welchen Umſtänden die Wirkungsverſtärkung durch Combinirung mehrerer einfachen Plattenpaare zu einer Säule beruhe: auf der Zuſammenſetzung nämlich der partiellen Ströme, welchen jedes einzelne Plattenpaar für ſich hervorbringen würde, zu einem gemeinſamen nach der nämlichen Richtung laufenden Strome; wir haben aber auch ſchon dort vorläufig erinnert, daß man die Größe des ſo reſultirenden Stroms nicht a priori der Summe dieſer einzelnen partiellen Ströme gleichſetzen könne, weil möglicherweiſe der verlängerte Weg, den der Strom jedes einzelnen Plattenpaars durch den Zuſatz der anderen Plattenpaare zu durchlaufen erhält, die Wirkung deſſelben ſchwächen könne.

Die Erörterungen des 16ten Capitels haben uns gezeigt, daß dieſe Vermuthung richtig ſey und ſie werden uns das Mittel zu einer vollkommen präciſen Herleitung darbieten, wie mit Berückſichtigung dieſes Umſtandes die Kraft durch Vervielfältigung der Plattenpaare

---

* Um Umſtändlichkeiten zu vermeiden, werde ich unter dem gemeinſamen Namen Säule alle die Anordnungsarten begreifen, die nach dem Prinzip der Säule conſtruirt ſind, wenn ſie auch in einem Trogapparat oder auf andere Art eingerichtet ſeyn ſollten.

anwachsen müsse. Die Folgerungen, die sich so ergeben, haben sich, so weit überhaupt bis jetzt Erfahrungen darüber vorhanden sind, durchaus mit denselben in Uebereinstimmung gezeigt.

Das fruchtbare Grundgesetz, aus dem wir alle bisherigen Bestimmungen über die Kraft der galv. Kette abgeleitet haben, war dieses, daß die Größe dieser Kraft im geraden Verhältniß der gesammten elektromotorischen Kraft, im umgekehrten des gesammten Leitungswiderstandes der Kette stehe.

Die nächste und unmittelbarste Folgerung hievon ist das dem ersten Anscheine nach sehr paradoxe Ergebniß, daß, wenn man eine Säule, deren Glieder alle gleich sind, nach dem S. 66 auseinandergesetzten Schema durch sich selbst (nicht wie in allen gewöhnlichen Fällen durch einen Zwischenleiter) schließt, es ganz gleichgültig für die Wirkung derselben seyn muß, ob man viel oder wenig Plattenpaare zu ihr nimmt, so daß eine Säule von 1000 Plattenpaaren nicht stärker wirken kann, als ein einziges Plattenpaar. In der That nimmt in diesem Falle der vom Strome jedes einzelnen Plattenpaars, und mithin vom Gesammtstrome zu durchlaufende Weg ganz in demselben Verhältnisse zu, als die Zahl der Plattenpaare, oder als die dieser Zahl entsprechend wachsende Summe elektromotorischer Kraft; und folglich compensirt in diesem Fall die Schwächung durch den wachsenden Leitungswiderstand genau den Anwachs, den die Zunahme der elektromotorischen Gesammtkraft hervorbringen würde, was man kurz ausdrücken kann: da der Divisor und Dividend der Stromkraft in gleichen Verhältnissen wachsen, so muß die Stromkraft selbst unter den angegebenen Umständen unverändert bleiben.

Ein andres ist es dagegen, wenn in die Kette irgendwo ein Zwischenleiter eingeschoben wird, oder was dasselbe ist, der Leitungswiderstand eines Elements über den Widerstand der andern Elemente sehr erhöht wird *, wenn man z. B. irgendwo in die Säule einen langen metallischen Leiter, eine mit Wasser gefüllte Röhre oder den menschlichen Körper einbringt, welches die gewöhnlichen Fälle sind, unter denen man die Wirkung der galv. Säule beobachtet.

In diesem Falle wird mit der Anzahl der Elemente der Säule nicht zugleich der Gesammtleitungswiderstand derselben in gleichem Verhältniß vervielfältigt, und die elektromotorische Kraft wächst dann in einem überwiegenden Verhältnisse.

Um dies durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir annehmen, ein einfaches Plattenpaar werde durch einen Leiter geschlossen, dessen Widerstand sich zu dem Widerstande, den die Theile des Plattenpaars selbst äußern, wie 100 : 1 verhält, dann läßt sich der

* In der That kann der Zwischenleiter, der irgendwo zwischen zwei Metalle eingeschoben wird, als integrirender Theil des von diesen Metallen gebildeten Elements angesehen werden.

Gesammtwiderstand der Kette durch 101 ausdrücken, und die Gesammtkraft der Kette durch $\frac{1}{101}$, wenn wir die elektrometorische Kraft des einzigen Plattenpaars, die den Dividend der Kraft bildet, auch durch 1 ausdrücken.

Schließen wir nun mit demselben Leiter zwei solche Plattenpaare, so wird die ganze elektrometorische Kraft verdoppelt seyn, vom Gesammtleitungswiderstande hat sich aber nur der Theil verdoppelt, welchen das erste Plattenpaar dazu beitrug; mithin beträgt jetzt die Kraft $\frac{2}{102}$, fast die doppelte der vorigen. Wäre aber umgekehrt der schließende Leiter null, so würde bei zwei Plattenpaaren mit der elektrometorischen Kraft auch der Gesammtleitungswiderstand verdoppelt seyn und die Kraft könnte um nichts zunehmen.

Durch consequente Anwendung dieser Grundsätze ergeben sich nun leicht folgende allgemeine Regeln für die Umstände, von denen die Wirksamkeit der Säule abhängt, wobei ich die schon vorhin gezogenen Folgerungen einschließlich wiederhole.

1) In Säulen von gleichbeschaffenen Elementen, ohne eingeschobenen Zwischenleiter, ist die Wirkung unabhängig von der Zahl der Elemente; sie ist nicht größer, als sie jedes einzelne Element für sich geäußert haben würde, und hängt mithin blos ab von der elektrometorischen Kraft und dem Leitungswiderstande der einzelnen Elemente.

2) Schiebt man in die vorige Säule irgendwo einen Zwischenleiter ein oder vergrößert den Widerstand eines oder einiger Elemente, so nimmt die Größe des Stroms bei Vervielfältigung der Plattenpaare zu. Diese Zunahme erfolgt im Allgemeinen in einem geringern Verhältnisse als die Zahl der Plattenpaare, in merklich gleichem Verhältnisse jedoch dann, wenn der Widerstand des Zwischenleiters sehr groß ist, und überhaupt, je größer der Widerstand des eingeschobenen Zwischenleiters in Verhältniß zum Widerstande, den die Elemente der Säule selbst äußern, ist, um desto mehr trägt Vervielfältigung der Plattenpaare zur Wirkungsverstärkung bei.

3) Bei fortgesetzter Vervielfältigung der Plattenpaare kommt man jedoch jedenfalls auf eine Gränze, über welche hinaus weitere Vervielfältigung zur Wirkungsverstärkung nichts Merkliches mehr beiträgt, einer Gränze, die dann erreicht ist, wenn durch die Summirung des Leitungswiderstandes der einzelnen Plattenpaare der Gesammtwiderstand so groß geworden ist, daß der Widerstand des Zwischenleiters nur noch einen verschwindenden Theil davon ausmacht.

4) Diese Gränze oder das Maximum der zu erlangenden Wirkung wird um so später, d. h. erst bei einer um so höhern Anzahl Plattenpaare, erreicht, je größer der Widerstand des schließenden Leiters in Verhältniß zum Widerstande der Elemente der Säule selbst ist, mithin um so später, je länger und dünner der schließende Leiter,

je größer die erregende Oberfläche der Platten und je besser die Leitungsflüssigkeit derselben ist. Schon bei einem einzigen Plattenpaare ist sie erreicht, wenn der Widerstand des Zwischenleiters null oder gegen den Widerstand des einzigen Paars verschwindend ist.

5) Die Größe des so erreichten Maximums ist

a) für einen guten und schlechten Zwischenleiter gleich; wiewohl sie bei letzterem später erreicht wird;

b) nicht größer, als die Größe desjenigen Stroms, den schon ein einzelnes Plattenpaar der Säule, wenn es ohne den Zwischenleiter geschlossen worden wäre, hervorgebracht haben würde;

c) es wächst im umgekehrten Verhältniß des Leitungswiderstandes der Elemente der Säule.

Geben wir jetzt zu den experimentalen Bewährungen dieser einzelnen Folgesätze über.

Was den ersten Satz anlangt, so liegt das Unerwartete, was seine Aussage enthalten kann, blos darin, daß man die Wirkung der Säule immer nicht unter solchen Umständen, die der dort ausgesprochenen Bedingung genügten, geprüft hat; denn bei allen gewöhnlichen Wirkungen der Säule bringt man einen Zwischenleiter in sie hinein. Dagegen bemerkte man das Statthaben dieses Satzes sehr bald bei thermoelektrischen Ketten, bei welchen kein Zwischenleiter eingeschoben war, wie schon im 14ten Capitel angegeben worden ist, und ich selbst habe seine Richtigkeit zugleich mit der des zweiten Satzes für die hydroelektrische Kette mittelst folgender Vorrichtung bewährt.

In Fig. 41 sieht man drei Zellen, A, A′, A″, in deren Seitenfugen Plattenpaare Zinkkupfer kz, k′z′, k″z″ eingesetzt sind, von welchen aus Drähte in die kleinen Gefäße voll Quecksilber α, α′α′, α″α″, α‴ übergehen. Die äußersten dieser Gefäße α und α‴ sind durch den Multiplicator M, und die mittlern α′α′ so wie α″α″ durch übersponnene, dem Multiplicatordraht an Länge genau gleiche, Drähte verbunden.

Wie man sieht, stellt das Ganze einen geschlossenen Säulenapparat von drei Elementen dar, dessen eines Element aus der Kupferplatte k und der Zinkplatte z″ besteht, welche durch den Multiplicatordraht in metallischer Communication stehen, während die andern Elemente respectiv zk′, z′k″ sind, bei denen die Drähte α′, α″ dasselbe leisten, als der Multiplicatordraht bei dem Element kz″. Alle drei Elemente sind sonach unter einander vollkommen gleich und es ist kein Zwischenleiter in der Kette vorhanden, welcher einen andern Widerstand, als den die Summe der Elemente mit sich bringt, in die Kette brächte, denn die Verbindungsdrähte können, weil sie allen Elementen gemeinschaftlich sind, als Theile dieser Elemente betrachtet werden.

Als ich die Kraft dieses (mit Brunnenwasser gefüllten) Apparats mit der Nadel unmittelbar nach der Schließung maß, ergab sich,

daß die ersten 4 Oscillationen in 10,5t, die 4 nachfolgenden in 11t vollbracht wurden *. Ganz genau dieselben Schwingungszahlen aber erhielt ich, als ich den Versuch jetzt mit blos zwei, endlich mit blos einer der Zellen wiederholte **.

Jetzt ward eine Drahtlänge als Zwischenleiter in die Kette hinzugebracht, welche die 54fache Länge des Multiplicatordrahts besaß. In diesem Fall brauchte die Nadel unter dem Einfluß des Stroms eines einzigen Paars 22t weniger einen Bruchtheil zu 4 Osc., und unter dem Einfluß dreier blos 17t. Die Zahlen 21¾ und 17 entsprechen respectiv den Kräften 1,322 und 2,770; folglich stieg bei Vorhandenseyn des langen Zwischenleiters die Kraft der Kette bei Verdreifachung der Elemente vom Einfachen etwas mehr als aufs Doppelte, während sie, wenn die Kette ohne Zwischenleiter geschlossen wurde, von der einfachen bis dreifachen Zahl der Elemente ganz unverändert blieb.

Bei dem hier angeführten Versuche mit eingeschobenem Zwischenleiter erfolgte die Verstärkung der Kraft in einem geringern Verhältnisse als der Zahl der Plattenpaare. Daß sie jedoch bei verhältnißmäßig noch größerem Widerstande des Zwischenleiters in merklich gleichem Verhältnisse mit der Vermehrung der Plattenpaare wachsen kann, lehrt einer der auf S. 206 enthaltenen Versuche, bei welchem eine mit Brunnenwasser gefüllte Röhre in die Kette einer Säule gebracht war, und wo den Ergebnissen der Tabelle zufolge die Kraft von der einfachen bis 5fachen Zahl der Plattenpaare in merklich gleichem Verhältnisse als diese Zahl wuchs, während bei bessern Leitungsflüssigkeiten in der Zwischenröhre dieses nicht der Fall war. Wegen des großen Widerstandes, den der menschliche Körper dem Strom darbietet, scheint auch, nach dem Gefühle zu urtheilen, die erschütternde Wirkung, welche die Säule auf unsern Körper äußert, bis zu hohen Zahlen von Plattenpaaren im geraden Verhältnisse der Anzahl der Plattenpaare zuzunehmen.

Die Bewährung des zweiten und dritten Satzes anlangend, so ist zuvörderst mittelst des Multiplicators sehr leicht darzuthun, daß durch Vervielfältigung der Plattenpaare eine Gränze der Wirkung nicht überschritten werden kann; denn da auch ein verhältnißmäßig langer Multiplicatordraht doch gewöhnlich einen gegen den Widerstand in der Flüssigkeit der Elemente nicht sehr bedeutenden Widerstand äußert, so sind bei Schließung der Kette durch ihn gerade die günstigen Bedingungen vorhanden, welche das Erreichen einer solchen Gränze erleichtern. In der That fand man auch sehr bald, nachdem der Multiplicator anfieng, in Gebrauch zu kommen, daß Vervielfältigung der Plattenpaare im Allgemeinen sehr wenig zur Verstärkung der durch ihn anzuzeigenden Wirkung beitrage; ja mehrere *** wollen

* Kraft der Erde = 1654 zu 20 Osc.

** Es wurde hiebei die S. 157 Anm. erwähnte Methode des Herausziehens der Platten angewendet.

*** U. a. Pfaff in s. Elektromagnetismus S. 111.

ſogar bei mehrern Plattenpaaren eine ſchwächere Wirkung als bei wenigern wahrgenommen haben.

Ich habe, da dieſe Angaben von geachteten Phyſikern herrühren, auf dieſen Punct mein beſonderes Augenmerk gerichtet, und kann mit Beſtimmtheit verſichern, daß eine ſolche ſchwächere Wirkung bei Vermehrung der Zahl der Plattenpaare über das Maximum hinaus nie verſpürt wird, wofern man nur die im 16ten Capitel berührten Vorſichtsmaßregeln berückſichtigt, deren Erforderniß freilich früher nicht in dem Maße bekannt war. Man darf nämlich nicht ſo verfahren, daß man erſt die Wirkung Eines Plattenpaars mißt, dann ein zweites hinzufügt, und nun die Wirkung dieſes Doppelpaars mißt u. ſ. f., weil bei der zweiten Meſſung ſchon eine Wirkungsabnahme des erſten Statt gefunden hat, die immer größer werden muß, je länger man den Verſuch fortſetzt. Der Verſuch iſt vielmehr ſo anzuſtellen, daß man von einer Säule, die auf einen gleichförmigen Zuſtand der Wirkſamkeit gekommen iſt, ſucceſſiv immer mehrere Plattenpaare aus der Kette, ohne ſie dabei zu öffnen, weglaßt *, und nach jeder Weglaſſung die Kraft mißt, oder daß man, wenn man das Reſultat für die erſten Perioden der Wirkſamkeit verlangt, erſt Ein Plattenpaar prüft, dann nach zuvoriger Reinigung des erſten, dieſes mit einem zweiten combinirt und ſo fortfährt, doch nie, ohne die Platten der vorhergehenden Verſuche immer von Neuem gereinigt, oder wenigſtens die Kette derſelben längere Zeit ungeſchloſſen gelaſſen zu haben, wenn man ſich durch vorläufige Verſuche überzeugt hat, daß hiedurch eine merkliche Wiederherſtellung der erſten Wirkung erlangt wird.

Unter Anwendung dieſer Vorſichtsmaßregeln habe ich für die erſten wie für die ſpäteſten Wirkungsperioden der Kette ſowohl mittelſt einer Multiplicatordrehwage als mittelſt der Methode der Oscillationen gefunden, daß, bei welcher Anzahl von Plattenpaaren auch ein Maximum der Wirkung erreicht ſey, eine Vermehrung der Elemente über dieſe Gränze hinaus die Wirkung ganz ungeändert läßt, wie weit man auch die Plattenpaare dann noch vermehren mag, vorausgeſetzt nämlich, daß dieſe Plattenpaare ganz von derſelben Beſchaffenheit als die erſten ſeyen.

So fand ich bei einem auf einem gleichförmigen Zuſtande befindlichen, in einem Trogapparate befindlichen, Säulenapparate von 11 Paaren die Kraft mittelſt der Multiplicatordrehwage von 11 bis zu 2 Plattenpaaren herab unverändert $= 7°$. Als in dieſelbe Kette, nachdem ſie wieder ihren vorigen Wirkungszuſtand angenommen hatte, eine gewiſſe Drahtlänge als Zwiſchenleiter eingeſchoben wurde, war

* Noch überdies darf man hiezu nicht eine einzige über einander gethürmte Säule anwenden, ſondern eine, die aus mehrern parallelen gleich angeordneten Säulen zuſammengeſetzt iſt, oder eine in einem Trogapparat angeordnete; denn bei der erſten erleiden die untern Platten einen ſtärkern Druck als die obern, welches die Gleichförmigkeit der einzelnen Plattenpaare hindert.

das Maximum der Wirkung ebenfalls genau 7°, aber diese Kraft erhielt sich jetzt blos bis zum vierten Plattenpaare herab unverändert, und nahm bei weniger Plattenpaaren ab.

So auch fand ich bei den S. 206 angeführten Versuchsreihen mit der aus 5 partiellen Säulen zusammengesetzten Säule, daß, als die Röhre mit Wasser aus der Kette gelassen war, der Multiplicator eine constante Kraft = 7,59 (584 zu 20 Sec.) von der 5fachen bis zur einfachen Säule (d. i. von 6 bis 30 Platten) herab zu erkennen gab; ein ähnliches constantes Resultat ergab sich, bei Weglassung der Röhre mit Salmiaklösung, von der 5fachen bis zur einfachen Säule herab, und Hinzubringung der dreifachen Multiplicatorlänge änderte hierin nichts.

Daß nicht allein bei den elektromagnetischen, sondern auch bei den andern Wirkungen der Säule eine Gränze der Verstärkung bei fortgesetzter Vervielfältigung der Plattenpaare erlangt werden kann, lehren Ritter's Versuche *, die zugleich für den vierten der angeführten Sätze mehrere Belege enthalten. So fand er bei einer, mit einer Brühe aus Kochsalzauflösung, Lackmusdecoct und Rindsgalle geschichteten, Zinkkupfersäule das Maximum der chemischen Wirkung bei 600, das der Verbrennungswirkungen zwischen 200 und 300 Lagen, die erschütternde Wirkung auf den Organismus nahm jedoch hinauf bis zu 1000 ja 1500 Lagen immer fort zu, ohne daß ein Maximum erreicht werden konnte — lauter Umstände, die mit unsern vorigen Erörterungen in Uebereinstimmung sind, denn bei den physiologischen Wirkungen ist die Säule durch den schlechtesten Leiter geschlossen, die Wasserzersetzungsröhre (in welcher die Polardrähte blos 1 Linie weit von einander abstanden) leitet schon besser, und bei den Verbrennungswirkungen ist die Säule durch einen noch bessern Leiter geschlossen.

Wurde eine Säule ähnlicher Größe mit bloßer Kochsalzauflösung gebaut, so zeigte sich das Maximum der Verbrennungserscheinungen bestimmt bei 200 Lagen, das Maximum der chemischen Wirkung bei 500 Lagen; ein Maximum des Schlages war hier so wenig als vorhin aufzufinden.

Als ferner eine ähnliche Säule mit kalter concentrirter Salmiaklösung aufgebaut wurde, hatten die Verbrennungserscheinungen ihr Maximum erst zwischen 600 und 800 Lagen; ein Maximum der chemischen Wirkungen war innerhalb 2000 Lagen nicht mehr aufzufinden, und an ein Maximum des Schlages vollends nicht zu denken, selbst wenn die Säule durch eine Kette von 50 Personen geschlossen war.

Bei diesen Thatsachen, die nur als Bestätigungen des Vorhergehenden gelten können, darf ich jedoch nicht übergehen, zu erwähnen, daß auch Ritter nach Ueberschreitung der Anzahl Platten-

* Gilb. Ann. XIX. 1.

paare, bei welchen ein Maximum eingetreten war, immer eine wiederabnehmende Kraft bemerkt haben will. Ich kann nicht anders als vermuthen, daß hier einer der erwähnten Umſtände im Spiele war, welcher dieſe Beobachtung veranlaßte; deſſenungeachtet wäre es wünſchenswerth, daß ſolche, welche im Beſitz großer Säulen ſind, dieſen Gegenſtand von Neuem einer Unterſuchung unterwärfen.

Sehr wohl dagegen treten in unſere Erörterungen folgende, bei derſelben Verſuchsreihe von Ritter beobachtete, Thatſachen hinein, die um ſo beweiſender für dieſelben ſind, da Ritter, noch ohne die zu Grunde liegenden theoretiſchen Beziehungen zu kennen, dieſe Beobachtungen machte.

„Je größer die Platten der Säulen ſind, deſto ſpäter trifft man jedes gegebene Maximum irgend einer Wirkung an, ob ſie gleich in ihrer Folge auf einander genau die angegebene Ordnung befolgen. Ferner, es rückt eine größere Breite nicht blos die Maxima jeder Wirkung weiter hinaus, ſondern damit ſind zugleich dieſe Maxima ſelbſt weit größer, als bei kleinen Platten; indeß hat doch jede beſtimmte Lagenzahl auch beſtimmt eine Gränze der Breite, welche nicht überſchritten werden darf, wenn kein unnöthiger Aufwand von Materialien geſchehen ſoll u. ſ. w.“ (vergl. S. 251).

Was die unter dem 5ten Satze begriffenen, die Größe des erreichbaren Maximums betreffenden, Folgerungen betrifft, ſo habe ich ſchon S. 262 ff. einen Verſuch angeführt, zufolge deſſen dieſes Maximum bei einem längern und kürzern ſchließenden Draht daſſelbe iſt, wiewohl bei erſterm eher erreicht wird. Die andern dort ausgeſprochenen Folgerungen habe ich noch nicht direct bewährt, ſie ſtehen jedoch ſo ſehr in Zuſammenhange mit den übrigen, durch die Erfahrung beſtätigten, Folgerungen, daß nicht zu bezweifeln iſt, man werde auch ſie gleicherweiſe beſtätigt finden.

Vermöge des Umſtands, daß in Säulen der Widerſtand der Flüſſigkeit und des Uebergangs ſich ſo ſehr vervielfältigt, daß der Widerſtand metalliſcher ſchließender Leiter ſelbſt bei großer Länge derſelben nicht ſehr dagegen in Betracht kommt, läßt ſich die galvaniſche El. auf ſehr große Weiten in faſt ungeſchwächtem Zuſtande fortpflanzen, und dies ſelbſt dann, wenn der Schließungsdraht durch weite Flüſſigkeitsſtrecken unterbrochen iſt. Es ſind in dieſem Bezuge ſehr bemerkenswerthe Verſuche in großem Maßſtabe von Erman *, Baſſe **, Aldini ***, u. a. angeſtellt worden. Ich begnüge mich, die hauptſächlichſten von Baſſe und Erman anzuführen, von denen uns letztre zugleich auf einige in anderm Bezuge intereſſante Puncte aufmerkſam machen werden.

Baſſe verband zuerſt jeden Pol einer Säule (es iſt nicht

---

* Gilb. XIV. 385.

** Gilb. XIV. 26.

*** Essai sur le galv. II. 1.

angegeben, von welcher Stärke) mit einem Eisendraht von 100 Fuß Länge. Schloß er zwischen den Spitzen dieser Drähte mit gut ausgeglühter Holzkohle oder durch ein geschlagenes Goldblättchen, so zeigten sich im Augenblicke der Berührung lebhafte Funken. Geschah die Schließung der Drähte durch Wasser, so erfolgten die gewöhnlichen Erscheinungen der Wasserzersetzung, und wurde zwischen den Drähten durch den Körper geschlossen, so fühlte man den Erschütterungsschlag, mit einem Worte, die Säule brachte bei dieser Schließung durch eine so große Drahtlänge alle Erscheinungen, die sie sonst hervorzubringen pflegt, hervor.

Die Länge des Drahts wurde jetzt successiv auf 2000 bis 4000 Fuß vermehrt; allein die Erscheinungen blieben nach wie vor dieselben, ohne die mindeste Abnahme der Stärke zu zeigen.

In der Mitte Januars öffnete Basse das Eis einmal auf dem Wasser eines Stadtgrabens, das andremal auf der Weser, an zwei Stellen, die 500 Fuß von einander entfernt waren, stellte die Säule neben die eine Oeffnung, ließ den negativen Polardraht einige Fuß tief unter das Eis hinabreichen, und leitete vom positiven Pole einen langen, auf Stangen isolirt erhaltenen, Draht bis zur andern Oeffnung. Er stellte sich nun auf ein Isolatorium, nahm die Endspitze des positiven Polardrahts in den Mund und berührte mit der Hand das Wasser des Grabens oder Flusses, worauf er augenblicklich Erschütterungen in der Zunge und den Fingerspitzen, einen sauren metallischen Geschmack und Blitze vor beiden Augen verspürte. Eben so machte er die Funkenerzeugung und chemische Wirkung unter diesen Umständen bemerklich. — Basse trug nun seine Säule auf die Mitte der zugefrornen Weser und ließ den negativen Draht der Säule einen Zoll tief ins Wasser reichen. Dann befestigte er an dem positiven Pole einen Eisendraht, der 4000 Fuß lang war. Er hatte den Draht auf einen Haspel gewickelt, mit dem er den Fluß hinabgieng. Von 50 zu 50 Fuß wurde ein Loch in das Eis gebohrt und eine hölzerne Stange hineingestekt, woran dann der Draht festgebunden wurde, damit er sich nicht auf das Eis senke. Am Ende des Drahts, mithin in einer Entfernung von 4000 Fuß vom Standorte der Säule wurde eine Oeffnung in das Eis gemacht, und die vorigen Versuche ganz mit denselben Resultaten hier wiederholt.

Ja selbst als er die Kette der Säule durch eine 2000 Fuß lange Strecke feuchten Wiesenlandes schloß, traten die Erfolge wie vorhin ein.

Erman wählte zu seinen Versuchen eine Stelle in der Havel bei Potsdam, wo sich der Strom in eine breite seeartige Wasserfläche ergießt. Auf einem Nachen, der weit hinaus im Strom durch Pfosten unbeweglich erhalten wurde, errichtete er eine Zink-Silbersäule von 100 Schichtungen. Von dem einen Pole hieng ein Draht in das Wasser, zum entgegengesetzten Pole gehörte ein Draht, der

in einer Länge von 124½ Fuß (welchen nachher noch 100 Fuß hinzugefügt wurden) über dem Wasserspiegel und parallel mit demselben ausgespannt, und an einem eingerammten Pfosten von äußerst trocknem und vollkommen isolirenden Holze befestigt war. Dieser Draht stand mit dem Pole der Säule durch einen Wasserzersetzungsapparat in Verbindung.

So lange nun der ausgespannte Draht an seinem von der Säule abgewendeten Ende nicht mit dem Wasser in Berührung kam, so fand keine Wasserzersetzung im Apparate Statt. Sobald man aber dieses Ende mit dem darunter stehenden Wasser durch eine angebrachte metallische Zuleitung in Verbindung setzte, so gieng in einem Nu die Zersetzung von Statten und zwar gerade mit derselben Energie, als wäre der Gasapparat unmittelbar von Pol zu Pol angebracht worden, so daß die Wirkung sich vollkommen gleich blieb, der schließende Bogen mochte eine Ausdehnung von 1½ Fuß oder von 249 Fuß haben. Zog man aber den Draht, der vom untern Pole geradezu in den Strom gieng, aus dem Wasser heraus, so hörte alle Wasserzersetzung auf. —

Hielt man mit der einen Hand das Ende des langen ausgespannten Polardrahts, während man mit der andern irgend einen Punct der großen Wasserfläche berührte, so erhielt man eine Erschütterung, fast eben so stark, als hätte man die Pole unmittelbar durch gemeinschaftliche Berührung mit beyden Händen entladen. Das Nämliche fand Statt, wenn das Ende des längern Polardrahts ins Wasser hieng und man 129 Fuß davon den Draht des entgegengesetzten Pols in die eine Hand nahm, und mit der andern die Oberfläche des Wassers berührte.

Hieng das Ende des langen Polardrahts ins Wasser und wurde der entgegengesetzte Polardraht aus dem Wasser gezogen, so gab das Elektrometer, welches man an dem Ende des langen Drahts- oder an dem darunter stehenden Wasser applicirte, eine sehr starke positive Divergenz. Prüfte man aber das Wasser, welches um 3 bis 4 Fuß im Umkreise vom Polardrahte entfernt war, so wurde die Divergenz immer schwächer und in einer Entfernung von 6 Fuß Radius schien jede Spur von Divergenz aufgehört zu haben. Das Nämliche fand in der Gegend des Wassers Statt, wo der entgegengesetzte Polardraht hieng; nur daß die Divergenz des Elektrometers hier von der entgegengesetzten El. abhieng.

Wenn dagegen beide Drähte zugleich in das Wasser hiengen, und so die Kette geschlossen war, verschwand jede Spur von elektroskopischen Anzeichen; die Kette verhielt sich wie eine vollkommen geschlossene.

Ein Froschpräparat gerieth in heftige Zuckungen, als der elektrische Kreis an ihm durch den 249 Fuß langen Bogen geschlossen wurde, und die Wirkung erschien eben so momentan, als hätte der Bogen die kleinstmögliche Ausdehnung gehabt. Erman knüpfte nun

an das isolirte Ende des 124½ Fuß langen Polardrahts einen andern Draht von beinahe 100 Fuß Länge, der auf einer Stelle aufgewunden war, und ruderte in einem Nachen fort, während er den Draht abwickelte, so daß er in jedem Puncte, wo sich Erman befand, und nach jeder beliebigen Richtung eine Verlängerung des Polardrahts abgab. Ein ganz unversehrter Frosch, den Erman, nachdem er sich isolirt hatte, so hielt, daß seine Hinterfüße diesen Draht berührten, gerieth in die heftigsten Zuckungen, sobald der Kopf oder die Vorderfüße an die Wasserfläche gebracht wurden. Hier wurde der Kreis durch einen Bogen von 449 Fuß geschlossen, wovon 224½ aus einer ungeheuren Wassermasse bestanden, und doch blieb sich die Wirkung der Entladung dem Grade und der Schnelligkeit nach scheinbar ganz gleich. Merkwürdig war, daß auch die einfache Application einer einzigen Silber- und einer Zinkplatte, die durch den mächtig langen Bogen wirkte, schon hinreichend war, das Präparat in die heftigsten Zuckungen zu versetzen.

Wenn man den Kreis von Pol zu Pol an einer Wassermenge schließt, die sich in einem Behälter von mittelmäßiger Größe (z. B. in einem gewöhnlichen Becken) befindet, so empfinden die Thiere, die sich in diesem Wasser befinden, eine Erschütterung. Die Fische sind vorzüglich auf diese Weise sehr leicht zu reizen. Erman nahm aber nichts dergleichen wahr, als er den Kreis an der Fläche der Havel in dem Augenblicke schloß, als Schwärme von kleinen Fischen in einer geringen Entfernung von der Stelle, wo der Versuch angestellt wurde, ruhig hinzogen. Nie konnte eine Zuckung oder ein Tauchen oder irgend eine ähnliche Aeußerung des empfundenen Reizes an denselben bemerkt werden. Die Frösche, die nahe am Ufer im Wasser saßen oder herumschwammen, schienen die elektrische Strömung eben so wenig zu empfinden. Doch wagte es keins von den erwähnten Thieren, sich den Gränzen zu nähern, innerhalb deren bei ungeschlossenem Kreise das Elektrometer afficirt wurde.

Bei diesen Erman'schen Versuchen sind einige Umstände, die unsre Aufmerksamkeit verdienen. Zuvörderst erhalten wir dadurch die besten Bestätigungen eines früher ausgesprochenen Satzes, daß Isolation oder Nichtisolation einzelner Theile der Kette deren Wirkung ungeändert läßt; denn bei diesen Versuchen bestand ein großer Theil der Kette unbeschadet ihrer Wirksamkeit aus einer unisolirten Wassermasse.

Es kann ferner für den ersten Anblick auffallend erscheinen, daß eine so große Strecke Wasser wirklich dem Strom einer Säule von blos 100 Paaren so gar keinen merklichen Widerstand entgegengesetzt haben soll, daß nicht nur alle Erscheinungen der Strömung dadurch ganz unbeeinträchtigt erschienen, sondern daß auch bei Schließung keine elektroskopischen Anzeichen, die immer das Zeichen eines solchen Widerstands sind, eintraten; da doch bei ohne Vergleich kürzern Strecken Flüssigkeit nicht nur eine solche schwä-

chende Wirkung auf die Säule, sondern auch das Erscheinen elektroskopischer Zeichen eintritt, wenn diese Flüssigkeit in Röhren eingeschlossen ist, wovon Erman selbst das Auffallende bemerkt hat.

Dieser paradoxe Erfolg scheint jedoch dadurch erklärlich zu werden, daß die freie, und in den feuchten Erdboden sich zu beiden Seiten fortsetzende, Wassermasse des Flusses gewissermaßen als ein Leiter von unbegränzter Dicke angesehen werden kann, der eben durch diese Dicke den Leitungswiderstand seiner Länge compensirt und merklich zum Verschwinden bringt. In der That würde ohne diese Annahme der Erfolg vorstehender Versuche gar nicht zu deuten seyn.

In Zusammenhang hiemit wird es denn auch sehr erklärlich, warum Fische, die sich in dem Wasser befanden, während der elektrische Strom hindurchgieng, so gar keine Einwirkung zu verspüren schienen, die sie doch in begränzter Wassermasse sehr stark durch den el. Strom erfahren. Den Erörterungen des 16ten Capitels zufolge nämlich steht die Intensität des Stroms im umgekehrten Verhältnisse des Querschnitts der Leiter, die vom Strom durchlaufen werden, und diese Intensität mußte sonach für jede einzelne Stelle des breiten Wassers fast unmerklich werden, während der Gesammtstrom, der sich wieder in der Säule concentrirte, sehr bedeutend seyn konnte.

Ein Umstand, der sein Auffallendes bei den Ermanschen Versuchen behält, ist, daß elektroskopische Anzeigen dabei an dem nicht isolirten Pole wahrgenommen wurden, während der andre isolirt war. Vielleicht könnte man, um diesen Umstand erklärlich zu finden, annehmen, daß der scheinbar isolirte Pol doch durch die feuchte Luft über dem Wasser eine in Betracht kommende Ableitung erhielt, welche den frühern Erörterungen zufolge dann allerdings ein Erscheinen elektroskopischer Anzeichen am nicht isolirten Pole verstattet hätte. Doch gebe ich dies blos als Vermuthung.

Wenn nach diesen Erörterungen auch die Fortleitung der galvanischen Strömung durch so große Flüssigkeitsstrecken, als angegeben worden ist, viel von ihrem Auffallenden verlieren muß, so bleibt doch die fast ungeschwächte Fortleitung auch durch so große Drahtstrecken, als bei jenen Versuchen angewandt wurden, sehr interessant, und es ist sehr möglich, daß man später hievon einmal selbst wichtige Anwendungen machen wird. In der That, da diese Fortleitung, so weit die jetzigen Beobachtungen reichen, durch die längsten Metallstrecken in einem für unsre Wahrnehmung untheilbaren Augenblicke erfolgt, so bietet sich sehr leicht die Idee dar, daß man dieselbe zu telegraphischen Zeichen benutzen könnte. Schon Sömmerring* machte Vorschläge in diesem Bezug, indem er einen Wasserzersetzungsapparat dazu einzurichten empfahl. Gegenwärtig würde

* Schweigg. J. II. 217.

man unstreitig weit mehr sein Augenmerk auf die elektromagnetischen Wirkungen zu richten haben; und es ist kein Zweifel, daß wenn von 24, den verschiedenen Buchstaben entsprechenden, Multiplicatoren, die sich z. B. in Leipzig befänden, die übersponnenen Drähte unter der Erde nach Dresden, wo sich die Säule befände, fortgeleitet würden, man hiedurch ein, wahrscheinlich verhältnißmäßig nicht einmal sehr kostbares, Mittel erhalten würde, mittelst gehörig festgestellter Zeichen, Nachrichten von dem einen zum andern Orte augenblicklich fortzupflanzen. Indeß ist hier begreiflich der Ort nicht, solche Vorschläge näher zu erwägen *.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Von den Ladungsphänomenen ** und der secundären Säule.

Es ist eine constante Thatsache, daß, wenn ein Metall eine Zeit lang als negatives Glied in einer geschlossenen einfachen oder zusammengesetzten Kette gewesen ist, (mit welchem positivern Metall es auch geschlossen gewesen sey), so wird es nach Wiedereröffnung der Kette ein verändertes elektromotorisches Verhältniß zeigen; denn prüft man es jetzt gegen ein andres Stück ihm vorher gleichartigen Metalls, mit dem es vorher keine El. zu erkennen gab, so zeigt es sich nun deutlich positiv dagegen.

Früher, und selbst zum Theil noch jetzt, nahm man an, die Modification, vermöge deren die in der Kette negativ gewesenen Glieder aus der Kette genommen, sich bei nachheriger Prüfung mit frischen Metallen positiver als vorher zeigen, beruhe darauf, daß sie einen Theil der El., von welcher sie in der Kette durchströmt wurden, hartnäckig zurückhielten, und bezeichnete demzufolge das Phänomen mit dem Namen der Ladung. Wir können uns dieses Ausdrucks ebenfalls bedienen, jedoch ohne die Ansicht zuzugestehen, auf die er sich stützt, und deren Ungrund dadurch erhellt, daß die gelade-

* Ich gestehe, daß es viel Verführerisches hat, sich vorzustellen, daß durch künftige Ausbildung eines Systems solcher Verbindungen einmal eine ähnliche, keinen Zeitverlust kostende, Communication zwischen dem Centralpuncte des Staats und seinen Theilen hergestellt werden könnte, als zwischen dem Centralpuncte unsers Organismus und seinen Gliedern durch die Nerven, wie es scheint, durch eine sehr analoge Anordnung (vergl. das Capitel über das Physiologische des Galvanismus) hervorgebracht wird.

** Vgl. über die Ladungsphänomene: Pfaff in Schweigg. J. LIII. 393. — Marianini in s. Saggio p. 65. — Ritter in s. phys. chem. Abh. III. 165. Gilb. XXIII. 291. XXIV. 101. — Erman in Gilb. XXVI. 131. — Pohl in Kastn. Arch. VI. 416. — Derselbe in s. Proceß der galv. Kette. 160 ff. — Davy in Ann. de Ch. et de Phys. XXXIII. 310.

nen Metalle nie Zeichen freier Elektricität am Elektroskop zu erkennen geben. Sollen die geladenen Metalle Elektricität zeigen, so müssen sie eben so wohl erst mit andern Metallen combinirt werden, als nicht geladene; und der Einfluß der Ladung zeigt sich dann erwähntermaßen blos in Aenderung ihres elektrometerischen Verhältnisses.

Gehen wir jetzt den Umständen der Erscheinung näher nach, und suchen zuvörderst einige einfache Arten auf, die Thatsache selbst zu bewähren.

Auf die leichteste Weise kann dieses mittelst des Multiplicators und der einfachen Kette geschehen. Man combinire zu einer solchen z. B. eine Kupfer- mit einer Zinkplatte, am besten durch Eintauchen in ein gemeinschaftliches Gefäß voll sauren oder salzigen Wassers an den Enden des Multiplicatordrahts, und lasse den Kreis nur eine oder einige Minuten geschlossen. Zieht man jetzt die Zinkplatte aus der Flüssigkeit heraus und substituirt ihr eine Kupferplatte, von deren merklicher Homogeneität mit der ersten man sich durch vorläufige Versuche überzeugt hatte, so wird man jetzt durch die aus beiden geschlossene Kette einen Strom von namhafter Stärke entstehen sehen; und zwar der Art, daß das mit Zink zur Kette geschlossen gewesene Kupfer sich als positiv gegen das frische verhält. Doch wird dieser Strom allmälig an Stärke abnehmen und wieder verschwinden. — Einen ganz ähnlichen Erfolg erhält man bei Anwendung von Silber, Gold, Platin, Graphit anstatt Kupfers; ja man findet allgemein, daß die Ladung um so stärker ausfällt, je negativer das angewandte Metall ist. Auch kann man sich statt positiver Metalle hiebei des Zinns, Bleis oder Eisens u. s. w. bedienen.

Man kann auch das negative Metall, nachdem es eine Zeit lang mit dem positiven geschlossen worden, aus der Flüssigkeit herausziehen, abtrocknen und mit einem andern frischen, ihm vorher homogenen, Metalle in einer andern Flüssigkeit prüfen; es werden ebenfalls Zeichen einer deutlichen Strömung eintreten. Diese Verfahrungsart ist jedoch weit minder zweckmäßig als die vorige; denn die Berührung mit der Luft trägt, namentlich bei Kupfer, außerordentlich viel bei, den positiven Ladungszustand der Metalle zu zerstören; ja sie kann ihn öfters in einen entgegengesetzten umkehren.

Nach der Analogie sollte man erwarten, daß, während das negative Glied der Kette eine positive Ladung annimmt, umgekehrt das positive Glied derselben eine negative Ladung annehmen wird. Allein es findet der sehr merkwürdige Umstand Statt, daß man eine solche Ladung entweder gar nicht oder höchstens Spuren derselben wahrnimmt *, selbst wenn man die Kette sehr lange Zeit hindurch ge-

* Marianini konnte bei Zink, Quecksilber, Eisen, Blei und Zinn, wenn sie mit negativern Metallen combinirt wurden, überhaupt keine Zeichen elektrischer Ladung wahrnehmen, blos Messing vor ihm Spuren derselben

ſchloſſen gelaſſen hat. Oft ſieht man die ganze Oberfläche des poſitiven Metalls, Zink oder Zinn, unter dem Einfluſſ der Kette geſchwärzt und doch keine oder ſehr geringe Spuren von Ladung eintreten; während umgekehrt eine ſehr ſtarke Ladung des negativen Gliedes der Kette oft mit keiner für das Auge ſichtbaren Veränderung ſeiner Oberfläche begleitet iſt, namentlich bei den edlen Metallen, wiewohl man ſolche in manchen Fällen, namentlich bei Kupfer, wirklich bemerkt.

Hat ein Metall eine gewiſſe poſitive Ladung angenommen, ſo kann man dieſe wieder aufheben, wenn man es jetzt zum poſitiven Gliede einer Kette macht, z. B., wenn man Kupfer, das durch Schließung mit Zink poſitiver geworden iſt, nun mit Graphit oder Platin ſchließt. Auch Erhitzung oder ſelbſt das längere Ausſetzen an die Luft benimmt den Metallen ihre Ladung wieder, ſie behalten dieſelbe aber nach Marianini, wenn ſie verwahrt aufbehalten werden.

Die bisherigen Verſuche über die Ladung der Metalle reichen noch nicht aus, um mit völliger Beſtimmtheit zu entſcheiden, ob die größere Schwierigkeit der poſitiven Metalle der Kette, ſich zu laden, daher rührt, daß dem Weſen der Kette zufolge eine negative Ladung überhaupt ſchwerer erfolgen kann, als eine poſitive, oder daher, daß die negativen Metalle der galvaniſchen Spannungsreihe überhaupt geſchickter ſind, eine Ladung anzunehmen, ſey ſie nun poſitiv oder negativ, als die poſitiven Metalle, daß ſie aber eine poſitivere deßhalb leichter annehmen können, weil man durch Anwendung derſelben als negative Glieder überhaupt wirkſamere Ketten conſtruiren kann, als wenn man ſie mit noch negativern Metallen combiniren wollte. Nach Erfolgen, die bei den nachher zu erwähnenden Verſuchen vorkommen, ſcheint das letztre der Fall zu ſeyn; dennoch verdiente dieſer Gegenſtand eine beſondre und ſorgfältige Prüfung.

Eine andre Art, den Ladungszuſtand der Metalle zu bewirken und nachzuweiſen, iſt folgende:

Haben zwei Drähte oder Streifen von demſelben Metalle (oder von Kohle, Graphit oder Braunſteinerz) eine Zeitlang als Polarenden der Säule in einer mit irgend einer Flüſſigkeit gefüllten Röhre (Waſſerzerſetzungsröhre) gedient *, und man bringt nun nach aufgehobener Verbindung mit den Polen der Volta'ſchen Säule die außerhalb der Gasröhre befindlichen Enden ſolcher Drähte, Streifen

---

dar. Ich ſelbſt habe Zinn Tage lang mit Kupfer zur einfachen Kette in ſalzſ. Waſſer geſchloſſen, ohne bei nachheriger Prüfung mit weichem Zinn merkliche Spuren erlangter Negativität zu bemerken; doch glaube ich bei Zink nach langer Schließung ſolche öfters beobachtet zu haben; was jedoch möglich iſt, da ich verſchiedene Zinkſtäbe ſelten vermögen erhalten konnte.

* D. h. ſie tragen in der Röhre (durch Korkſtücke) ſo, daß ihre Enden in einem kleinen Abſtand von einander ſtehen.

u. dgl. mit den beiden Enden eines Multiplicators in Verbindung, so erfolgt eine Ablenkung, zufolge welcher der, mit dem negativen Pol in Verbindung gestandene, Draht sich positiv gegen den andern verhält, welcher mit dem positiven Pole in Verbindung gestanden hatte *.

Die Drähte, auf der Röhre herausgenommen oder auch darin gelassen, verlieren mit der Zeit ihre Ladung von selbst wieder, um so eher, je schwächer sie geladen waren. Andererseits nehmen sie, in den Kreis der Kette gebracht, ihre volle Ladung nicht augenblicklich an, und das Maximum der Ladung, was sie annehmen können, ist unter verschiedenen Umständen verschieden.

Man findet allgemein, daß alle Umstände, welche den chemischen Prozeß in der Gaszersetzungsröhre befördern, auch zur Verstärkung der Ladung dienen, so die Kraft des Stroms und die Beschaffenheit der in der Röhre selbst befindlichen Flüssigkeit. So brachte in Ritter's und de la Rive's Versuchen bloßes Wasser gar keine merkliche Ladung hervor, Kochsalzauflösung schon eine merkliche, eine noch stärkere Salmiackauflösung (und zwar in dem Maße, als sie gesättigt war) und reine Schwefelsäure.

Je stärker der Strom und je besser der flüssige Leiter in der Röhre ist, um so kürzere Zeit ist erfoderlich, die Drähte das Maximum der Ladung annehmen zu lassen, was sie anzunehmen vermögen. Bei einem kräftig wirkenden Strome sind 6 bis 8 Minuten hiezu hinreichend, und weit entfernt, durch die Dauer von mehrern Stunden dieses Maximum noch verstärken zu können, wird vielmehr die Ladung dann schwächer ausfallen, wenn die Säule von der Art ist, daß sie selbst schon nach wenigen Stunden an Wirksamkeit abnimmt. Bei geschwächter Wirksamkeit der Säule wird das Maximum der Ladung oft erst nach einer halben oder ganzen Stunde erreicht.

Je länger die Drähte in der Kette waren, um so länger behalten sie auch nach dem Herausnehmen ihre Ladung **. De la Rive fand einen Platindraht, der 20 bis 30 Minuten im Kreise einer Säule gewesen, darauf gewaschen und getrocknet worden, noch nach einigen Tagen mit einer Ladung behaftet.

Reiben oder Waschen der Drähte nach erlangter Ladung hebt diese nicht auf, verringert sie aber jedesmal in einem gewissen Verhältnisse.

Von freier El. zeigen die geladenen Drähte nicht eine Spur am Elektrometer.

---

* Man kann auch die Drähte aus der Röhre herausnehmen und in einer andern Flüssigkeit prüfen; doch werden sie dieses Verhalten zeigen.

** Ich finde nicht angeführt, ob auch ein Verweilen in der Kette noch über die Zeit hinaus, wo das Maximum der Ladung eingetreten ist, zur nachfolgenden Dauer der Wirkung etwas beiträgt.

Bei dieser Art von Versuchen zeigt sich nun aufs Deutlichste der Umstand, daß die Leiter um so geeigneter zur Annahme der Ladung sind, je näher sie dem negativen Ende der galv. Spannungsreihe stehen; denn Pfaff fand, daß sie hinsichtlich der Stärke der Ladung, die sie unter gleichen Umständen annehmen, folgende Ordnung beobachteten: Graubraunsteinerz, Graphit, wohl ausgebrannte Kohle, Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, Zinn, Blei, Zink. Dieselbe Ordnung beobachteten sie auch in Rücksicht der Zeitdauer, während welcher sie die erlangte Ladung beibehielten, so daß alle z. B. Zink diese Eigenschaft, die dasselbe an sich schon sehr schwach zeigte, fast augenblicklich wieder verlor, während Graphit und besonders Kohle, wenn sie nicht zu oft wieder geschlossen wurden, dieselbe viele Stunden beibehielten.

In Bezug auf die oben angeführte Ansicht wäre nun sehr wichtig gewesen, zu untersuchen, ob in allen diesen Fällen der positive Polardraht eine gleich starke negative Ladung angenommen hatte als der negative Draht eine positive, eine Prüfung, die sich anstellen läßt, indem man jeden Draht besonders gegen einen gleichartigen aber frischen prüft. Leider ist diese Prüfung nicht vorgenommen worden. Ich selbst habe mich allerdings durch specielle Versuche einmal mit Platin- ein andermal mit Silberdrähten überzeugt, daß nicht allein der positive Polardraht negativer sondern auch der negative Polardraht positiver geworden war als ein gleichartiger frischer und zwar, wie es mir bei Anstellung dieser Versuche schien, in ungefähr gleichem Grade *; allein da mir damals noch kein sicheres Maß der Wirkungen zu Gebote stand, so gebe ich diese Gleichheit nicht für gewiß aus.

Was die Erklärung der Ladungsphänomene betrifft, so ist man bis jetzt durchaus noch nicht darüber im Klaren. Dem ersten Anblick nach scheint folgende Ansicht das Meiste für sich zu haben.

Wir werden später, wenn ausführlicher die Rede von den chemischen Wirkungen der Kette seyn wird, durch unzweideutige Erfahrungen nachgewiesen sehen, daß die positiven Glieder der Kette Neigung erhalten, sich mit den negativen, die negativen der Kette Neigung, sich mit den positiven Bestandtheilen der Flüssigkeit, mit denen sie in Berührung sind, zu verbinden, daß sie unter dem Einfluß der Kette eine größere Quantität dieser Bestandtheile aufzunehmen, und festzuhalten vermögen, als außerdem, so daß man selbst manche Verbindungen der Metalle mit Wasserstoff und Sauerstoff nur auf diesem Wege hat darzustellen gewußt. Nun können diese überschüssigen Bestandtheile, namentlich der Wasserstoff, sehr wohl in den Metallen vorhanden seyn, ohne

* Der Versuch von de la Rive scheint eben dies anzudeuten.

eine sichtliche Veränderung ihrer Oberfläche hervorzubringen *, dagegen ihre bloße Gegenwart begreiflich das elektrometerische Verhältniß der Metalle bedeutend wird ändern können. Werden die so geladenen Metalle dem Einfluß der Kette entzogen, so müssen die Drähte oder Platten allmälig ihre überschüssigen Bestandtheile verlieren oder sie der oxydirenden oder desoxydirenden Einwirkung der äußern Agentien Preis geben, und so würde sich das allmälige Verschwinden der Ladung erklären.

Man kann selbst in Bezug mit dieser Ansicht einige Erfahrungen setzen, die ich erst im folgenden Capitel erwähnen werde, da sie zunächst in Hinsicht auf die Wiederherstellung der Wirksamkeit einer eine Zeitlang geschlossenen Kette beobachtet worden sind, eine Wiederherstellung, die wahrscheinlich, wenigstens zum Theil, mit dem Verschwinden der Ladung, so wie die Wirkungsabnahme selbst mit der zunehmenden Ladung zusammenhängt.

Es ist auch möglich, daß hiemit eine, zuerst von Berzelius und Hisinger gemachte, und nachmals durch Pfaff** ausführlich bestätigte, Beobachtung in Beziehung steht, zufolge welcher Drähte, welche eine Zeit lang zur Gasentbindung gedient haben, auch nach aufgehobener Verbindung mit der Säule noch fortfahren, Gas zu entwickeln.

Man könnte nämlich annehmen, daß sie hiebei blos das Gas wieder hergeben, was sie unter dem Einfluß der Kette, aber nicht außer derselben, zurückzuhalten vermögen; doch muß man gestehen, mehrere Umstände, namentlich daß vorzugsweis die elektropositivern Drähte dies Vermögen besitzen, und daß die Flüssigkeit, in der sich die Drähte befanden, selbst einigermaßen zu dieser Erscheinung mitzuwirken scheint, nicht wohl mit dieser Ansicht in Uebereinstimmung bringen zu können. Hinsichtlich des Ausführlicheren über diese Erscheinung verweise ich auf Pfaff's Abhandlung.

Wir dürfen auch die positiven Gegengründe gegen die oben aufgestellte Ansicht nicht übergehen. Sie läßt gänzlich unerklärt, oder

---

* In der That kann man auch bei der zweiten Art der Ladungsphänomene an den geladenen Platindrähten nichts äußerlich bemerken, was sie von andern Drähten unterschiede; bei Gold- und Silberdrähten ist indeß gewöhnlich eine sichtliche Veränderung wenigstens Eines, öfters beider Polardrähte und deutliche Bildung von Krystallflächen oder Hyperoxyden daran wahrnehmbar; und die Analogie könnte daher wohl einigermaßen berechtigen, eine Aufnahme solcher Bestandtheile, wenn auch in geringerm Grade, überhaupt als unter dem Einfluß der Kette Statt findend vorauszusetzen. Eine bei den Nobilischen Versuchen (13tes Cap.) vorkommende und dort zu erwähnende Thatsache (vergl. Schweigg. J. LIV. 44) scheint auch diesem Umstande sehr das Wort zu reden.

Von sehr merkwürdigen, sich den Ladungsphänomenen ohne sichtliche Veränderung der Oberfläche anschließenden Phänomenen, welche das Eisen in salpeters. Säure rauch. und rauchender Salpeters. darbietet, wird im 30sten Capitel die Rede seyn.

** Schweigg. J. LIII. 77.

es widerspricht ihr vielmehr der Umstand, daß die positiven Metalle, welche thatsächlich von Flüssigkeiten stärker angegriffen werden, als negativere, doch minder geneigt sind einen Ladungszustand anzunehmen, und wenn man daher den Ladungszustand von wirklicher chemischer Aenderung abhängig machen wollte, so müßte man zugleich annehmen, daß die eigenthümliche Art der chemischen Aenderung bei den negativen Metallen den größern Erfolg bedinge.

Ferner sollen nach Versuchen von Pfaff und de la Rive nicht allein die innerhalb der Flüssigkeit befindlichen Theile der Drähte, sondern selbst die außerhalb derselben hervorragenden, welche gar nicht damit in Berührung gekommen, Zeichen von Ladung darbieten, obwohl viel schwächere, als die mit der Flüssigkeit in Berührung gewesenen; so daß öfters diese Ladung gar nicht wahrgenommen wird *.

An einfachen Elektrometeren hat man diese Ladung über die Gränze der Berührung mit der Flüssigkeit hinaus nicht wahrnehmen können; ja man kann eine Platte eines negativen Metalls leicht dadurch in zwei elektrometorisch differente Hälften scheiden, daß man blos die eine Hälfte derselben mit dem feuchten Leiter in Berührung bringt, während man es mit einem andern Metalle zur Kette combinirt.

Die eben angeführten Umstände sind Ursach, daß mehrere die Ursache des Ladungszustandes der Metalle in einer eigenthümlichen dynamischen Veränderung, oder welche sich bestimmter ausdrücken wollen, in einer Veränderung der Molecularanordnung in den geladenen Metallen suchen; welche durch den Einfluß der Strömung in der Kette hervorgerufen, auch außer derselben noch eine Zeitlang fortbestehen könne. Auch diese Ansicht läßt sich bis jetzt eben so wenig als begründet, wie als widerlegt ansehen, denn es sind zwar keine Erfahrungsdata vorhanden, welche einem Vermögen der El., solche Aenderungen hervorzubringen, direct widersprächen; allein eben so wenig weiß man genau anzugeben, worin diese Veränderung bestehen soll. Auch kann man fragen, warum, wenn die Ladung unabhängig von chemischer Aenderung ist, sie doch vorzugsweis nur in Berührung mit der Flüssigkeit, oder höchstens in der Nähe derselben, und mit abnehmender Stärke von da an, in den Drähten erscheint **.

---

* De la Rive schnitt die außerhalb der Flüssigkeit hervorragenden Drahtenden ab, und prüfte sie dann gegen einander in einer Flüssigkeit.

** Will man sagen, dies sey deshalb der Fall, weil die El. bei ihrem Uebergange zwischen den Drähten und der Flüssigkeit eine Verzögerung, oder eine Ansammlung erfahre, die sie geneigt mache, auf die Drähte [illegible] zu wirken, so mag darauf erwiedert werden, 1) daß dann die Ladung um so stärker ausfallen müßte, je schlechter die Flüssigkeit leitet, wovon das Umgekehrte der Fall; 2) daß noch niemand von elektrostatischer El. [illegible] Art die El. ist, die sich bei der Gränze fester und flüssiger Leiter [illegible] Spuren der Ladung beobachtet hat.

Eine Erſcheinung allerdings, die mit größerer Beſtimmtheit als die vorigen anzeigt, daß wirklich der Einfluß des Stroms an ſich in den Metalldrähten Modificationen ihres Zuſtands hervorzubringen vermag, die eine Zeitlang nach dem Entfernen aus der Kette noch in ihnen fortdauern, iſt der Umſtand, daß man den Schließungsbogen der Säule oder ſelbſt der einfachen Kette öfters, wenn er aus dem Schließungskreiſe genommen wird, noch eine Zeitlang magnetiſche Wirkungen äußern ſieht, ſo daß er die Nadel abzulenken vermag, ja ſelbſt noch zur Anziehung von Eiſen fähig iſt.

Daß jedoch dieſe Erſcheinung mit der vorigen nichts gemein hat, ſcheint ſich theils daraus zu ergeben, daß ſie, wie man wenigſtens ſchließen muß, ganz unabhängig davon iſt, ob der Schließungsbogen mit Flüſſigkeit in Berührung genommen oder nicht, theils daraus, daß die magnetiſchen Eigenſchaften eines Metalls überhaupt nicht fähig ſind, eine Veränderung in ſeinem elektrometeriſchen Verhältniſſe hervor zu bringen.

Nicht allein an den Platten der Elektrometern ſelbſt oder den Polardrähten der Säulen laſſen ſich Zeichen der Ladung hervorbringen; ſondern ſie treten auch an homogenen Metallen ein, die man irgendwo in den flüſſigen Leiter einer Kette einſchiebt, z. B. an einer Kupfer- oder Silberplatte, die man zwiſchen zwei feuchte Pappſcheiben einſchiebt, welche zur Schließung einer einfachen oder zuſammengeſetzten Kette dienen; oder an metalliſchen Bogen, mittelſt deren die Flüſſigkeit zweier, im Kreiſe einer Säule befindlicher, Gefäße verbunden wird; und alle Umſtände, die für die Ladung unter den früher betrachteten Umſtänden gelten, kehren auch hier wieder, als z. B. die größere Leichtigkeit der negativen Metalle, ſich zu laden, die Abhängigkeit der Stärke und Dauer der Ladung von der Stärke des Stroms und der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit, mit der die Zwiſchenplatte oder der Zwiſchenbogen von beiden Seiten in Berührung ſteht u. ſ. w.

Die Ladung, die hierbei entſteht, iſt von der Art, daß, wenn man eine ſolche Zwiſchenplatte (oder Zwiſchenbogen) aus dem Kreiſe der Kette heraus nimmt, ſo wird ihre, der negativen Platte oder dem negativen Pole der Kette zugekehrt geweſene, Fläche ſich ſelbſt negativ gegen ihre andere Fläche, welche der poſitiven Platte oder dem poſitiven Pole zugekehrt war, verhalten; die vorher homogene Platte zeigt nämlich durch ihre beiden Grenzflächen gleichſam ein Plattenpaar aus zwei heterogenen Metallen dar.

Auf ſolche Weiſe kann man, wenn man eine Säule als Kette zur Bewirkung der Ladung anwendet, auch mehrere homogene Zwiſchenplatten auf einmal laden, indem man ſie abwechſelnd mit feuchten Scheiben ſchichtet, und dieſe, aus Abwechſlungen blos Eines Metalls und Einer Flüſſigkeit beſtehende Säule in den Kreis der wirkſamen Säule aus heterogenen Metallen bringt, d. h., ſie mit deren Polen in Verbindung ſetzt.

Jede einfache Platte der secundären Säule wird, nachdem die Schließung einige Zeit gedauert hat, vermöge der erlangten entgegengesetzten Ladung ihrer beiden Gegenflächen, zu einem wirksamen Plattenpaar geworden seyn, und nimmt man nun diese Säule aus dem Kreise der ursprünglichen wirksamen Säule heraus, so wird sie jetzt für sich alle Wirkungen dieser selbst, wiewohl in schwächerem Grade, zeigen, d. h. sie wird auf das Elektroskop wirken, Wasser zersetzen, Schläge ertheilen, auf die Magnetnadel wirken; wiewohl sie von allen diesen Wirkungen nichts zeigte, bevor sie dem Einfluß der Säule aus heterogenen Platten ausgesetzt gewesen war *. Doch nehmen die Wirkungen einer so geladenen Säule allmälig ab und verschwinden von selbst, wie die Ladungsphänomene überhaupt; so daß nach einiger Zeit die Säule aus homogenen Platten von Neuem in den Kreis einer wirksamen Säule gebracht werden muß, um wieder Ladung zu erhalten.

Man nennt eine solche Säule aus blos Einem Metall und Einer Flüssigkeit, die durch Ladung wirksam geworden ist, eine secundäre Säule oder Ladungssäule. Ritter ** war es, der ihre Phänomene zuerst entdeckte. Auch gab er schon ihre Theorie im Wesentlichen richtig. Indeß stellten theils Volta, theils Biot andere Ansichten über dieselbe auf, die sich zwar nicht auf directe Versuche, aber doch auf die Analogie mit mehreren andern Thatsachen stützten. Es war deßhalb wichtig, die Abhängigkeit der Wirkungsart der secundären Säule von den oben beschriebenen Phänomenen der Ladung durch beweisende Versuche darzuthun. Dies ist neuerlich in einer ausführlichen und sorgfältigen Arbeit von Marianini geschehen, wodurch die Ansichten obgenannter Physiker als gänzlich ungegründet nachgewiesen werden, daher wir uns ihrer Anführung überheben ***.

Es leuchtet ein, daß, wenn eine Zwischenplatte oder eine secundäre Säule sich eine Zeitlang im Kreise einer wirksamen Kette befunden hat, so muß, in dem Maße als sie sich geladen hat, die Kraft der ursprünglichen Kette, (so lange sich die secundäre Säule darin befindet) dadurch vermindert werden, weil die positiven und negativen Flächen der geladenen Platten den positiven und negativen Platten der ursprünglichen Säule gerade entgegengesetzt angeordnet liegen, d. h. einen Strom in entgegengesetzter Richtung hervorzubringen streben, und zwar wird diese Schwächung verhältnißmäßig um so mehr betragen müssen, je größer die Anzahl der Zwischen-

---

* Zu bemerken ist, daß, je größer die Anzahl der zu ladenden Platten ist, um so mehr muß auch die Plattenanzahl der ursprünglich wirksamen Säule betragen, wenn wirklich Ladung in bemerkbarem Grade erfolgen soll.

** Dessen phys. chem. Abh. III. 111. 116.

*** Marianini's Arbeit findet sich in Schweigg. J. XLIX. 300. 452.

platten im Verhältniß zur Anzahl Platten in der ursprünglichen Kette ist.

Zur Bewährung dieses Umstandes kann derselbe Versuch angeführt werden, den wir schon S. 181 in einem andern Bezuge angeführt haben. Allerdings combinirt sich hiebei der eigenthümliche, von der erlangten Ladung unabhängige, schwächende Einfluß, welchen Zwischenplatten, in die Kette gebracht, äußern, mit dem schwächenden Momente, was die Ladung dieser Zwischenplatten in die Kette bringt. Durch den Hinzutritt folgender zwei Umstände aber wird direct bewiesen, daß der erste Einfluß die Schwächung in den spätern Wirkungsperioden der Kette nicht allein bedingen könne.

1) Finden wir, daß zu Anfange der Wirksamkeit die Schwächung einer Zinkkupferkette durch homogene Zwischenplatten in ganz gleichem Grade erfolgt, mögen diese von Kupfer oder Zink seyn; dagegen hat die allgemeine Erfahrung gelehrt, daß in den spätern Wirkungsperioden der Kette die Schwächung durch Zink kaum merklich, aber um so stärker ist, je weiter das Metall der Zwischenplatten nach dem negativen Ende der galvanischen Spannungsreihe zu liegt, je fähiger es mithin zur Annahme einer Ladung ist.

2) Nimmt die Wirksamkeit zu, wenn man die Pole der secundären Säule, nachdem sie eine Zeitlang im Kreise der ursprünglichen Säule gewesen ist, in verwechselte Verbindung mit den Polen derselben bringt, welches den Erfolg hat, daß der Strom der secundären Säule und der ursprünglichen Säule dann nach derselben Richtung laufen.

In welchem Verhältniß aber beide Momente in jedem besondern Falle zur Schwächung der Kette zusammenwirken, ist noch ganz unerörtert. Verschiedene Hypothesen, die man zur Erklärung dieser Schwächung aufgestellt hat, glaube ich übergehen zu können, da sie bis jetzt keine Aufklärung über diesen Gegenstand versprechen.

Schließlich will ich noch eine Erfahrung anführen, welche, dem ersten Anblick nach sehr anomal erscheinend, doch durch die vorigen Erörterungen sehr erklärlich wird.

Eine mit gesättigter Kochsalzlösung geschichtete Säule von 30 Plattenpaaren wurde mittelst einer, mit Kochsalzlösung gefüllten, Röhre geschlossen, die von beiden Seiten durch Silberplatten begränzt war *. Zugleich befand sich ein Multiplicator zu Messung der Kraft in der Kette. Nachdem die Kraft der Säule durch lange Schließung auf einen gleichförmigen Zustand gekommen war, wurde die Röhre aus der Kette genommen, so daß die Säule blos durch den Multiplicator geschlossen blieb; und nach 10 Minuten wieder hinzugebracht, alles ohne Oeffnung der Kette. Die Kraft der Kette war unmittelbar vor Wegnahme der Röhre = 1,13 gewesen; nach Wiederhinzubringung derselben Röhre, an der

* Es war die S. 168 u. a. beschriebene spritzenartige Röhre.

nichts verändert worden war, war sie = 7,31 * mithin ungefähr 5½ mal so groß als Anfangs, sank aber binnen etwa ½ Stunde auf 4,77. Dieser Versuch mit Wegnahme und Wiederhinzubringung der Röhre wurde mehrmals hinter einander wiederholt, und das Resultat war jederzeit dem vorigen analog; so daß es schien, als ob das Leitungsvermögen der Flüssigkeit der Röhre allemal durch das Befinden außerhalb der Kette zunehme, und durch das Verweilen in derselben wieder abnehme.

Unstreitig jedoch wäre dieses nicht die richtige Ansicht von der Sache; wie am besten daraus erhellt, daß bei der Kraft 1,13 Verkürzung der Flüssigkeitssäule in der Röhre bis auf ½ ihrer Länge ** die Kraft in gar keinem merklichen Grade verstärkte. Dagegen ergiebt sich eine sehr angemessene Erklärung durch Berücksichtigung, daß die homogenen Silberplatten, mit denen die Röhre verschlossen war, einen Ladungszustand unter dem Einflusse der Kette annehmen mußten, der außer der Kette allmälig wieder verschwand, bei Wiedereinbringung in die Kette aber sich allmälig wiederherstellte. — Ich gestehe jedoch, daß ich nicht erwartet hätte, daß ein einziges Element Zwischenplatten fähig seyn würde, eine so große Schwächung einer Säule von 30 Paaren hervorzurufen, indeß muß dabei berücksichtigt werden, daß die silbernen Bodenplatten eine viel kleinere Fläche als die Platten der Säule darboten.

Vierundzwanzigstes Capitel.

Vom Wogen der Kraft der Kette.

Wir haben schon öfters uns auf die Thatsache bezogen, daß die Kraft jeder hydroelektrischen Kette zu Anfange ihrer Wirkung am stärksten ist und von da an abnimmt, durch eine längere Wiedereröffnung aber wieder auf den ersten, oder einen dem ersten nahen, Grad der Kraft zurückgeführt werden kann, so wie mehrere andere hiemit in Beziehung stehende Thatsachen, die wir durch den gemeinsamen Namen Wogen der Kraft der Kette bezeichneten.

Die allgemeine Thatsache dieses Wogens läßt sich aufs Leichteste nachweisen. Welcher Art auch die hydroelektrische Kette seyn mag, die man vor sich hat; und durch welches Verfahren man auch ihre

---

* Die Kraft der Kette bei bloßer Schließung durch den Multiplicator war unmittelbar vor Wiederhinzubringung der Röhre = 12,66.

** Durch Vermehrschätzen des Streugelds.

Kraft meſſen mag; die beiden vorigen angedeuteten Umſtände werden ſich aufs unzweideutigſte zu erkennen geben.

Die Thatſache der Wirkungsabnahme der Kette war ſchon längſt bekannt; aber über ihre nähern Geſetze und ſelbſt über die allgemeinſten und am nächſten liegenden Umſtände derſelben fehlte es bis jetzt durchaus an genauen Beſtimmungen ja an Beſtimmungen überhaupt. Erſt neuerlich haben Ohm * und Marianini auf einige wichtige Verhältniſſe, welche dabei in Betracht kommen, aufmerkſam gemacht.

Ich ſelbſt habe mittelſt der Methode der Oscillationen, welche recht eigentlich gemacht iſt, dieſes Wogen allen ſeinen Verhältniſſen nach vom erſten Anfange der Schließung an zu verfolgen, eine Verſuchsreihe begonnen. Allein da dieſelbe theils noch nicht vollendet iſt, theils ich ſelbſt noch nicht Zeit gefunden habe, meine vorhandenen Beobachtungen in der Art zu ordnen, um die allgemeinen Reſultate, die ſich etwa daraus ergeben möchten, ſämmtlich mit Sicherheit zu ziehen, ſo begnüge ich mich hier blos mit einer allgemeinen Darſtellung derjenigen Umſtände, welche ich bis jetzt als zuverläſſig daraus hervorgehend anſehen kann, nebſt einigen beiſpielsweiſen Belegen, indem ich eine ausführlichere und vollſtändigere Darſtellung meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen einzuverleiben beſſe.

Zuvörderſt werden durch dieſe Verſuche zwei Annahmen auf das entſchiedenſte widerlegt, welche man früher über den Wirkungszuſtand der galvaniſchen Kette von einigen Seiten ausgeſprochen findet. Nach Manchen, welche das Entſtehen der Strömung in der Kette ganz oder größtentheils von der Einwirkung der Flüſſigkeit auf das Metall abhängig machen, ſoll die Flüſſigkeit erſt eine gewiſſe endliche Zeit brauchen, um ihren Angriff auf das Metall in der Art zu äußern, daß ſich die elektromotoriſche Kraft in voller Stärke entwickele. Allein man findet ohne alle Ausnahme für alle gewöhnlichen Salz- und Säureauflöſungen ſo wie für Brunnenwaſſer, daß die Wirkung im erſten Augenblicke der Schließung am allerſtärkſten iſt, und von da an mehr oder weniger ſchnell abnimmt. Scheinbare Ausnahmen hievon habe ich blos einigemal bei mit ſtarker Flüſſigkeit geſchichteten Säulen, in denen die Platten von einem zuvorigen Verſuche nicht gereinigt worden waren, ſo daß ſich eine Oxydſchicht darauf abgeſetzt hatte, gefunden; hier ſprang die Anfangs ſchwache Wirkung faſt plötzlich in eine ſehr ſtarke über, unſtreitig weil die Flüſſigkeit erſt einige Zeit brauchte, dieſes Oxyd aufzulöſen. Bei einfachen Ketten, deren ich unzählig viele abſichtlich oder gelegentlich, unter den verſchiedenſten Umſtänden, in dieſer Hinſicht geprüft habe, desgleichen bei Säulen aus gehörig gereinigten Platten, die

* Schweigg. J. XLIV. 116. XLVI. 140. LV. 19. Kaſtn. Arch. XIV. 482. Pogg. Ann. IV. 87. Ohm galv. Kette S. 203.

bezüglich zu ſolchen Verſuchen allein anzuwenden ſind, iſt mir der angegebene Umſtand bis jetzt nicht vorgekommen.

Die andere, namentlich von Ritter aufgeſtellte, Annahme war die von einer gewiſſen wahrnehmbaren Oscillation in der Wirkung der Säule, unabhängig von dem Wogen, das durch Oeffnen oder Schließen derſelben veranlaßt werden kann. Wenn indeß eine ſolche Oscillation Statt hat, ſo muß ſie wenigſtens in ſo kleinen Perioden erfolgen, daß ihr Vorhandenſeyn durch die Oscillationen der Nadel nicht angezeigt zu werden vermag; denn iſt die Säule oder einfache Kette auf einem gleichförmigen Zuſtande ihrer Wirkſamkeit, ſo gehen die Schwingungen der ſich unter ihrem Einfluß befindenden Nadel ganz gleichförmig vor ſich, und beobachtet man ſie vom Anfang der Schließung an, ſo findet nur eine mehr oder weniger ſchnell fortſchreitende Abnahme der Schnelligkeit dieſer Schwingungen Statt.

Für gewiß läßt ſich annehmen, daß die Urſache der Erſcheinungen des Wogens in der Kette von einem durch den Strom bedingten Wechſelverhältniſſe der Flüſſigkeit und Metalle darin abhänge, denn Ohm hat gefunden, daß in der thermoelektriſchen Kette ſich keine Spur dieſes Wogens zeigt, vielmehr dieſelbe vom Anfange bis Ende ihrer Schließung auf einem ganz gleichförmigen Zuſtande ihrer Wirkſamkeit verharrt, ſo lange die Temperaturdifferenz ihrer Berührungsſtellen die nämliche bleibt. Welche Veränderung entweder an den Metallplatten oder in der Flüſſigkeit oder gleichzeitig in beiden aber hieran Schuld ſey, iſt für jetzt noch ſehr im Dunkeln.

Aus meinen eigenen, in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen bekannt zu machenden, Verſuchen zwar geht mit vollkommener Zuverläſſigkeit hervor, daß die Wirkungsabnahme der Kette weſentlich mit einer fortgehenden Zunahme des Widerſtandes verbunden ſey, den ich mit dem Namen Widerſtand des Uebergangs bezeichnet habe. Andrerſeits iſt nach den Erſcheinungen der Ladungsphänomene, die mit der Wirkungsabnahme gleichen Schritt zu halten ſcheinen, und dem Umſtande, daß eine, längere Zeit hindurch geſchloſſene, Säule auch an Wirkſamkeit auf das Elektrometer verloren hat, wozu wir die Belege nachher anführen werden, für gewiß anzunehmen, daß dieſe Wirkungsabnahme auch zum Theil von einer Verminderung der elektrometeriſchen Kraft abhänge; aber der Zuſammenhang dieſer Umſtände iſt noch gänzlich unaufgeklärt.

Es iſt auch keinem Zweifel unterworfen, daß Veränderungen in der Beſchaffenheit des flüſſigen Leiters, bedingt durch ſeine chemiſche Einwirkung auf die Erregerplatten, Verzehren von darin enthaltenem Sauerſtoff, Austrocknen der Tuchſcheiben, wofern man ſolche zur Conſtruction der Kette anwendet, vielleicht ſelbſt eine eigenthümliche Vertheilung der Beſtandtheile unter dem Einfluß der Kette zur Wirkungsabnahme beitragen können. Allein eben ſo gewiß iſt, daß allen dieſen letztgenannten Umſtänden nicht der Hauptantheil an der Wirkungsabnahme beigemeſſen werden könne.

In der That glaube ich zwar öfters gelegentlich beobachtet zu haben, daß, wenn eine Kette längere Zeit in einem engen Gefäße geschlossen war, bei nachheriger Hineinbringung frischer Platten eine schwächere Wirkung beobachtet ward, als bei der ersten Schließung frischer Platten darin; allein sehr viele sichere Beobachtungen für kürzere Zeiträume und in weiteren Gefäßen habe ich andererseits gemacht, zufolge deren die Wirkung einer Kette in ausnehmend starkem Grade abgenommen haben kann, ohne daß bei nachheriger Schließung frischer Platten in derselben Flüssigkeit sich eine verminderte Kraft oder nur eine schnellere Wirkungsabnahme als bei der ersten Kette gezeigt hätte; ferner lassen die Umstände der Wiederherstellung der Wirksamkeit der Kette ohne Veränderung der Leitungsflüssigkeit sich nicht durch eine solche Ansicht erklären. Was andererseits die Annahme einer eigenthümlichen Vertheilung der Bestandtheile der Flüssigkeit unter dem Einfluß der Kette betrifft, die ich weit entfernt bin, läugnen zu wollen, so lassen doch folgende Umstände nicht zu, die Wirkungsabnahme vorzugsweis von da abzuleiten. 1) Bezieht sich die Wirkungsabnahme und Wiederherstellung der Wirkung gleich der Ladung immer nur deutlich auf die negative Platte, wie man durch das Weglassen und Wiederhineinnehmen einzelner Platten in zusammengesetzte Ketten auf die früher schon öfters angedeutete Weise leicht finden kann, welches nicht wohl erlaubt, die Wirkungsabnahme in Bezug zu etwas anderem, als den Platten selbst zu setzen; 2) habe ich mich überzeugt, daß, wenn man in einem weiten Troge, worin die Platten in einem großen Abstande von einander geschlossen sind, die Flüssigkeit in der Mitte oder nahe an der positiven Platte umrührt, sorgfältig vermeidend, daß nicht ein Anwogen der Flüssigkeit gegen die negative Platte Statt finde, die Kraft ganz unverändert bleibt; ja man kann die Zinkplatten, unter dieser Vorsicht, in der Flüssigkeit bewegen, selbst zum Theil aus ihr herausziehen, ohne daß eine Schwankung in der Kraft der Kette beobachtet wird; die dagegen sofort eintritt, wenn man die Flüssigkeit gegen die negativen Platten anwogen läßt, oder diese selbst in der Flüssigkeit bewegen will, oder wenn man sie gar in der Flüssigkeit mit einem Federbart abwischt. Es wird in allen diesen Fällen sofort eine partielle Wiederherstellung der Wirkung erfolgen, als wenn eine an der Kupferfläche vorgegangene Modification durch die mechanische Einwirkung abgespült worden wäre.

Man könnte glauben, daß die Wirkungsabnahme nicht sowohl eine von der Strömung abhängige Erscheinung sey, als daher rühre, daß die Flüssigkeit unabhängig hievon chemisch ändernd auf die Platten einwirke und durch Oxydation oder dergleichen ihre Wirksamkeit herabbringe.

Es läßt sich jedoch leicht zeigen, daß dem nicht so sey. In der That beobachtet man in allen Flüssigkeiten, in welchen die Kette überhaupt Wirksamkeit erhält, auch die Wirkungsabnahme derselben,

ein sehr großes Vielfache seines anfänglichen Werthes betragen kann, und daß alsdann sowohl der Widerstand der Flüssigkeit als des Uebergangs gegen ihn merklich verschwinden können, wenn dieß auch zu Anfange der Schließung nicht der Fall war. Diese große Zunahme macht allerdings denkbar, daß, wenn man die Kette in dem ersten untheilbaren Zeitpunct beobachten könnte, wo sie geschlossen wird, dieser Widerstand noch gar nicht vorhanden seyn würde; allein schon in den ersten Secunden hat er einen namhaften Werth erlangt, und der für diese kurze Zeit constant erscheint, so daß man ihn durch übereinstimmende Messungen entdecken und schätzen kann. Ich habe meine bisherigen Versuche darüber theils in Brunnenwasser, theils in Wasser, dem $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{200}$ Vol. Salzsäure zugefügt war, angestellt.

Hinsichtlich der Umstände, von welchen dieser Widerstand abhängt, haben mich meine Versuche zu folgenden Ergebnissen geführt, für die man die Belege in meinen galv. Maßbestimmungen und zum Theil auch in den folgenden Capiteln finden wird. Dieser Widerstand steht genau im umgekehrten Verhältniß der erregenden Oberfläche; er ist in allen spätern Wirkungsperioden größer für das negative als das positive Metall der Kette; er nimmt ab in dem Maße, als die Flüssigkeit kräftiger chemisch auf die Platten einzuwirken vermag.

Fassen wir nun die einzelnen Theile, aus welchen der Gesammtleitungswiderstand der Kette zusammengesetzt ist, nochmals zusammen, so besteht er aus folgenden partiellen Widerständen:

1) Dem Widerstande der metallischen Theile der Kette, welcher direct proportional ist der Länge derselben, umgekehrt proportional ihrem auf die Richtung des Stroms senkrechten Querschnitt, und außerdem noch abhängig von ihrer Materie und Temperatur.

2) Dem eigenthümlichen Widerstande des flüssigen Leiters in der Kette, welcher proportional ist dem Abstande der Erregerplatten von einander in der Flüssigkeit, umgekehrt proportional der erregenden Oberfläche, wofern der Querschnitt der Flüssigkeit und die erregende Oberfläche in gleichen Graden wachsen;

3) dem Leitungswiderstande des Uebergangs *, welcher unabhängig ist von den Dimensionen der schließenden Leiter, aber im geraden Verhältniß des chemischen Effects, den die Erregerplatten erfahren, abzunehmen scheint, daher geringer wird durch stärkere Leitungsflüssigkeit, geringer ist zu Anfange der Schließung, wo die Platten die stärkste Einwirkung erfahren, geringer ist für die

* Ich habe bisher bei den vorigen Erörterungen unter der Benennung Widerstand in der Flüssigkeit mit dem eigenthümlichen Widerstande der Flüssigkeit zusammen verstanden.

poſitiven Platten, die immer ſtärker von der Flüſſigkeit angegriffen werden, als die negativen, endlich im geraden Verhältniß der erregenden Oberfläche abnimmt, inſofern die Summe der chemiſchen Einwirkung auf die Platten im Verhältniß dieſer Oberfläche zunimmt.

Ich muß noch ſchließlich eines ſehr merkwürdigen Umſtandes gedenken, welchen man bei Meſſung des Leitungswiderſtandes einer Kette häufig beobachten wird. Wenn man ſtarke Aenderungen im Leitungswiderſtande vernimmt, ſo kommt man oft, ohne daß ſich ein bemerkbares Wogen gezeigt hätte, auf Werthe, welche aus dem Geſetze der andern Werthe gänzlich heraustreten. Geht man aber dem Verhältniß dieſer Werthe zu den andern Werthen näher durch Berechnung auf den Grund, ſo findet man, daß ihre Abweichung daher rühret, daß die elektromotoriſche Kraft und zugleich der Leitungswiderſtand des Uebergangs plötzlich genau auf ein Multiplum oder Submultiplum ihres Werthes geſtiegen oder um ein ſolches gefallen ſind, jedoch im allgemeinen nicht nach gleichen Verhältniſſen.

Ich geſtehe, daß ich nach meinen erſten Beobachtungen über dieſen Punct noch lange Anſtand nahm, ihn im Weſen der Kette für begründet zu halten, da ſo gar keine der bisherigen Beobachtungen eine Andeutung dafür gab. Ich habe aber ſeitdem dieſen Umſtand ſo wiederholt beobachtet, und bei Verſuchen, die ſich durch ihre übrige Uebereinſtimmung ſelbſt contrelliren, daß ich ihn jetzt unbedenklich als eine ſichere Erfahrung ausſprechen kann.

Ueberdies kommen ſolche Sprünge nach Multiplis und Submultiplis noch unter andern Umſtänden vor, unter Umſtänden, die, da ſie ein Mittel aus vielen nahe zuſammenſtimmenden Beobachtungen zu ziehen geſtatteten, keine Täuſchung denkbar machten. Aus welchem Geſichtspuncte dieſe Sprünge zu betrachten ſind, iſt mir bis jetzt unerklärlich. Hinſichtlich der Nachweiſung derſelben wird man hinlängliche Data in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen nicht vermiſſen; hier glaube ich mich derſelben enthalten zu müſſen, da einzelne Beiſpiele, auf die ich mich beſchränken müßte, nichts beweiſen würden, und da ſich noch keine fruchtbare Anwendung für das Folgende davon machen läßt.

Anhang.

Berechnung eines Verſuchs, um das Geſetz zu erfahren, nach welchem der Widerſtand der Drähte mit ihrer Länge zunimmt.

Eine Kette aus Zink und Kupfer in ſalzſaurem Waſſer, nach Art der S. 170 beſchriebenen und abgebildeten angeordnet, wurde mittelſt des Multiplicatordrahts geſchloſſen, und nachdem ſie über Nacht geſchloſſen geſtanden hatte, ſo daß ein merklich gleich-

20 Oscillationen erfoderliche Zeit angegeben ist *. Nebenbei stehen die aus den Oscillationen berechneten Kräfte, und in Einschaltungen das Verhältniß, in dem die Kraft von Anfange an gesunken ist.

Einfache Zink-Kupferkette mit Brunnenwasser. Temperatur sämmtlicher Versuche 13 bis 14° R. — Barom. = 27′ 11″ bis 28′. Erdkraft bei A = 165 bei B und C = 164 zu 20 Oscillationen.

Periode der Wirkung.	A. Mit dem einfachen Multiplicatordraht geschlossen.	B. Mit dem Multiplicatordraht plus 10 ihm gleichen Längen geschlossen.	C. Mit dem Multiplicatordraht plus 54 ihm gleichen Längen geschlossen.
0 Min.	10,5 = 8,88	15 = 3,78	22 = 1,22
	21,5	30	43,5
	32,5	46	66
	44,5	62	88
	56,5	78 +	110,5
	69	95	133
	81 +	112	
	95	129	
		146 +	
5 Min.	98,5 = 1,81 (4,91)	101 = 1,64 (2,30)	117,5 = 0,948 (1,29)
10 „	106 = 1,42	109,5 = 1,24	122 = 0,807
15 „	109,5 = 1,27	112,66 = 1,12	124 = 0,737
30 „	112 + = 1,16 (7,65)	118,5 = 0,916 (4,01)	128 = 0,655 (1,86)
45 „	„	„	137,33 = 0,560
1 St.	115,5 = 1,04 (8,54)	„	„
1 St. 30 M.	„	125 = 0,721	„
1 St. 45 M.	118 = 0,955	„	„
2 St. 5 M.	„	„	137 = 0,433
3 St.	„	„	„
5 St.	„	131,5 = 0,555 (6,81)	„
6 St.	„	„	„
7 St. 30 M.	117,66 = 0,970 (9,15)	„	139 = 0,392 (3,11)
10 St. 30 M.	„	„	141 = 0,353 (3,46)
19 St.	128,5 = 0,648 (13,7)	„	„
20 St.	„	„	143 + = 0,314 (3,88)

* Diese 20 Oscillationen wurden so gezählt, daß die 5te Minute (und ebenso die folgenden [illegible]en) ungefähr in die Mitte derselben fiel. 140 Zeittheile gehen auf 1 Minute.

Wie man ſieht, iſt die Wirkungsabnahme in dieſen, in allen Stücken, außer der Länge des ſchließenden Leiters, völlig gleich conſtruirten Ketten um ſo kleiner, je länger der Schließungsdraht iſt; und die Anfangs ſtärkere Wirkung der Kette mit kürzerem Schließungsdraht nähert ſich allmälig immer mehr dem Werthe der Kette mit längerem Draht. Unſtreitig in Zuſammenhange hiemit ſteht das S. 159 erörterte Ergebniß.

Es iſt jedoch keineswegs die Länge des Schließungsdrahtes an ſich, welche die Wirkungsabnahme der Kette beſtimmt; denn in dem Falle, wo der Widerſtand des langen Drahtes gegen den Widerſtand in der Flüſſigkeit merklich verſchwindet, erfolgt die Wirkungsabnahme merklich gleich bei langem und kurzen Leitungsdrahte. Folgende Verſuchsreihe kann dieſem zum Belege dienen, welche unter ganz ähnlichen Verhältniſſen als die vorige, aber mit viel kleinerer erregender Oberfläche, und anſtatt mit Zinkkupfer mit Zinnkupfer * angeſtellt wurde.

Periode der Wirkung.	A Mit dem einfachen Multiplicatordraht geſchloſſen. (Erdkraft = 164 zu 20 Oc.)	B Mit dem Multiplicatordraht plus 28,5 ihm gleichen Längen geſchl. (Erdkraft = 164 zu 20 Oc.)
0 Min.	29 = 0,279	29 = 0,279
	59	59
	89	90
	119	121
	150	152
	181	
5 Min.	156 = 0,105	156,5 = 0,098
10 "	156,33	157
15 "	156,5	158
20 "	157	158

Man ſieht, daß hier, wo die Hinzubringung der 28,5fachen Drahtlänge in die Kette keinen merklichen Unterſchied in der anfänglichen Kraft hervorbringt, auch die Wirkungsabnahme bei beiden Ketten ſich merklich gleich verhält; denn die Differenzen ſind von der Art, wie man ſie immer auch bei zwei auf gleiche Weiſe hinter einander angeſtellten Verſuchen zu finden erwarten muß. Daß übrigens auch bei Zinnkupfer, ſo wie bei Zinkzinn, ſobald die Drahtlänge einen in Betracht kommenden Widerſtand äußert, die Wir-

* Es hat mir immer geſchienen, daß der Widerſtand des Uebergangs hier gleich zu Anfang der Schließung größer, als bei Zinkkupfer ſey. Ich werde dies noch durch ſpecielere Verſuche ausmitteln.

kungsabnahme schneller bei kürzerem als längerem Schließungsdraht ist, davon habe ich mich durch specielle Versuche überzeugt.

Durch eben dergleichen Versuche habe ich gefunden, daß unter übrigens gleichen Umständen die Wirkungsabnahme schneller in Säulen, als in einfachen Ketten ist, wenn sie durch dieselbe Drahtlänge geschlossen werden, doch ebenfalls nur, wenn die Drahtlänge einen in Betracht kommenden Widerstand äußert, dagegen die Wirkungsabnahme bei viel und wenig Plattenpaaren gleich ausfällt, wenn der Widerstand des Drahts verschwindet. In letzterem Bezuge mag ein Beispiel folgen. Der Versuch wurde in Brunnenwasser mit kleinen Zink-Kupferpaaren angestellt. Daß der Widerstand des Multiplicatordrahts gegen den Widerstand in der Flüssigkeit merklich verschwand, ergiebt sich aus dem Versuche selbst, da Vermehrung der Plattenpaare kaum eine merkliche Wirkungsverstärkung hervorbrachte *.

Periode der Wirkung.	1 Plattenpaar. 20 Oct.	2 Plattenpaare.	3 Plattenpaare.
0 Min.	21	20,5	20,5
	43	43	43
	67 —	66	67
	91	90	91
	115	114	115
	140	138	140
	164	163	165
	189	188	190
5 Min.	135	136	135
10 "	139	141	141
15 "	141,5	143	143

Ein ähnlicher Versuch von analogen Ergebnissen wurde mit sehr kleinen Platten bei Anwendung von Kochsalzlauge angestellt; dagegen in denjenigen Fällen, wo Vermehrung der Platten die Wirkung verstärkte, die Kraft merklich langsamer in der einfachen Kette als in der Säule abnahm.

In Zusammenhange mit dem Umstande, daß in Ketten, worin der Widerstand des Drahts einen in Betracht kommenden Theil des Gesammtwiderstandes ausmacht, die Wirkungsabnahme schneller bei Vermehrung der Plattenpaare wird, steht eine Beobachtung, die ich an einer dergleichen Kette machte. Drei Plattenpaare, zu einer gemeinschaftlichen erregenden Oberfläche vereinigt, waren auf einen, während einer halben Stunde merklich gleichbleibenden, Zustand ge-

* Die Erdkraft betrug 164 zu 20 Oct.

kommen. Dieſelben wurden jetzt durch ſchnelle Verwechſelung ihrer Drähte ſo combinirt, daß ſie, anſtatt einer gemeinſchaftlichen erregenden Oberfläche, eine Säule von drei Plattenpaaren darſtellten; und als 20 Minuten hernach die Kraft geprüft wurde, zeigte ſich eine ſehr deutliche Wirkungsabnahme, denn Ein Plattenpaar allein in der Kette gelaſſen gab jetzt einen geringern Werth, als bei Weglaſſung der beiden andern, da die Platten zu Einer erregenden Oberfläche combinirt waren.

Was den Einfluß der Strecke der Leitungsflüſſigkeit auf die Wirkungsabnahme betrifft, ſo mögen hier ebenfalls einige Beiſpiele genügen, zu zeigen, daß die Wirkungsabnahme mit der Größe des Abſtandes der Metallplatten von einander in der Flüſſigkeit an Schnelligkeit abnimmt.

Zink-Kupferkette in einem weiten Troge, mit Waſſer. Temp. 12° bis 13°½ R.

Perioden der Wirkung.	Bei einfachem Abſtande. (Erdkraft = 164t zu 20 Sec.)	Bei zwanzigfachem Abſtande. (Erdkraft = 164t zu 20 Sec.)
0 Min.	19 = 1,98 39,5 60,5 82,5 105 127,5 150,5	26 + = 0,566 53 79 106 133 160
5 Min.	135,5 = 0,468 (4,01)	142,5 = 0,325 (1,71)
10 "	"	148,5 = 0,220
15 "	142,5 = 0,325	149 = 0,212
30 "	144 = 0,297	150 = 0,195
1 St.	"	151 = 0,180
1 St. 15 M.	145 = 0,279	"
3 St.	146 = 0,262	"
4 St. 8 M.	"	154 = 0,135 (4,29)
6 St.	146 = 0,262 (7,56)	"
12 St. 45 M.	"	154,5 = 0,127 (4'45)
18 St. 30 M.	147 = 0,242 (8,18)	"
24 St. 30 M.	"	156 = 0,105 (5,38)
36 St.	"	158 = 0,077

Was die Abhängigkeit der Wirkungsabnahme von Beſchaffenheit der Zwiſchenflüſſigkeit anlangt, ſo iſt die gewöhnliche Annahme, daß gewiſſe Flüſſigkeiten, namentlich Salmiackflüſſigkeit, und überhaupt ſtärkere Leitungsflüſſigkeiten die Kette vorzugsweiſe zu einer

ſchnellen Wirkungsabnahme disponirten. Dieſes iſt aber keineswegs allgemein richtig. Es kommt hiebei ganz auf die Nebenumſtände des Leitungswiderſtandes an, und während unter gewiſſen Umſtänden eine Kette in ſtarker Leitungsflüſſigkeit ſehr ſchnell, faſt plötzlich, zu Anfange der Schließung in der Wirkung ſinken kann, kann eine andere Kette aus denſelben Metallen in derſelben Flüſſigkeit eine längere Zeit faſt gleichförmig bleibende Wirkung zeigen. Meine Verſuche hierüber ſind noch keineswegs abgeſchloſſen; indeſſen glaube ich bis jetzt Folgendes durch dieſelben angedeutet zu ſehen.

Wir haben geſehen, daß es Fälle giebt, wo eine Kette mit ſtarker Leitungsflüſſigkeit bei übrigens gleichgeſetzten Umſtänden zu Anfange der Wirkung keine merklich größere Wirkung zeigt, als eine Kette mit ſchwacher Leitungsflüſſigkeit, wo nämlich der Widerſtand in der Flüſſigkeit gegen den Widerſtand der feſten ſchließenden Leiter merklich verſchwindet. Vergleicht man zwei ſolche Ketten mit einander, ſo findet man, daß die Wirkungsabnahme langſamer in der Kette mit ſtärkerer Leitungsflüſſigkeit erfolgt; dagegen, wo die anfängliche Wirkung der Kette mit ſtarker Leitungsflüſſigkeit viel bedeutender iſt als die der Kette mit ſchwacher Leitungsflüſſigkeit, nimmt die Wirkung bei erſtern Ketten verhältnißmäßig ſchneller ab, wiewohl ſie, wenigſtens ſo weit meine bisherigen Erfahrungen reichen, nicht unter die Wirkung der letztern bei gleichen Zeitperioden herabſinkt. Es liegen mir mehrere Verſuche in dieſer Hinſicht zum Belege vor. Da ſie jedoch nur unter annäherungsweiſe vergleichbaren Umſtänden angeſtellt waren, ſo will ich lieber eine neue Wiederholung derſelben vornehmen.

Was den Einfluß der erregenden Oberfläche betrifft, ſo habe ich noch nicht hinreichend abgeänderte Verſuche angeſtellt, um ihn zu beſtimmen; daß ſie langſamer iſt, wenn man die negative, als wenn man die poſitive Fläche vergrößert, iſt früher angegeben worden. Abgeſehen hievon glaube ich bei ſtarker Leitungsflüſſigkeit ſtets beobachtet zu haben, daß die Wirkungsabnahme von Anfange an verhältnißmäßig um ſo langſamer erfolgt, je größer die erregende Oberfläche genommen wird, ſo daß ich bei großer erregender Oberfläche und ſehr ſtarker Leitungsflüſſigkeit öfters eine große Anzahl Oscillationen hindurch in derſelben Zeit vor ſich gehen geſehen habe. Dagegen habe ich bei ſtarker Flüſſigkeit und kleiner erregender Oberfläche ſehr oft, während die allererſten Oscillationen ebenfalls in merklichem Iſochronismus von Statten gegangen, eine, noch in die erſte Minute fallende, ſprungweiſe Abnahme der Kraft beobachtet, indem die Oscillationen der Nadel ſich plötzlich verlangſamten. Letztere Beobachtungen ſind ſämmtlich an der einfachen Kette und mehr gelegentlich gemacht worden; es iſt daher nöthig, ſie einer ſpeciellen Wiederholung unter vergleichbaren Umſtänden zu unterwerfen, die ich, wofern ich Zeit dazu erhalte, nicht unterlaſſen werde.

Was die Umſtände der Wiederherſtellung der Kraft der Kette durch Oeffnung derſelben anlangt, ſo will ich hier zuvörderſt einige Verſuchsreihen anführen, welche mit wiederholter Wiederöffnung der Kette in wachſenden Zeitperioden angeſtellt wurden, nachdem die Kette auf einen für längere Zeit conſtant anzuſehenden Zuſtand gekommen war. Nach jeder neuen Schließung ließ ich dann die Kraft wieder ſo weit ſinken, daß der vorherige conſtante Zuſtand wieder eintrat, damit jede Oeffnung von demſelben vergleichbaren Zuſtande der Kette ausgienge *.

I.

Einfache Zink-Kupferkette in einem anſchließenden Troge mit Brunnenwaſſer. Erregende Oberfläche einer Platte = 2,7 Quadratzoll. — Abſtand der Platten 4,2 Lin. — Temp. zu Anfange der Schließung 10° R.; bei Oeffnung 9° R. — Erdkraft vor der Schließung = 174,5t zu 16 Osc.; bei der erſten Oeffnung = 165t zu 16 Osc.. Bei der erſten Schließung der Kette war die Zahl t zu den erſten 4 Oscillationen 20, 20, 24, 25, 26, der weitere Gang dieſer Wirkungsabnahme iſt in der letzten Querſpalte der folgenden Tabelle angegeben. Nach 48 ſtündiger Schließung bei 151t zu 16 Osc. oder 37½ zu 4 Osc. wird die Kette geöffnet. Die Zahlen in der Tabelle entſprechen der Zahl t für die ſucceſſiven 4 Oscillationen von jeder neuen Schließung an; die eingeklammerten Zahlen aber der Zahl von t, während welcher die Schwingungen nicht gezählt werden konnten, weil während dieſer Zeit eine neue Ablenkung der Nadel veranſtaltet wurde.

---

* Durch beſondere Verſuche überzeugte ich mich, daß der nach öfterem Oeffnen und Schließen wiederhergeſtellte Zuſtand wirklich vergleichbare Reſultate mit dem erſten Zuſtand gebe, indem der Gang der Wirkungsabnahme ſich merklich gleich blieb, mochte ich nun die Kette das erſtemal eine gewiſſe Zeit hindurch geöffnet und dann wieder geſchloſſen haben, oder mochte ich die Oeffnung für dieſelbe Zeit vornehmen, nachdem ſchon verſchiedene Oeffnungen und Schließungen vorangegangen waren. Nur mußte immer die urſprüngliche conſtante Kraft der Kette wieder hergeſtellt ſeyn. Die Zeit, nach welcher der conſtante Zuſtand der Kette wieder eintritt, dauert ſtets um ſo länger, je länger die vorherige Oeffnung gedauert hatte; allein es hält ſchwer, ſie völlig genau zu beſtimmen, denn da die Wirkungsabnahme immer langſamer wird, ſo differirt die Wirkung zuletzt von der conſtanten nur noch um kleine Bruchtheile, deren Verſchwinden ſich nicht mit völliger Präciſion angeben läßt. In der folgenden Tabelle iſt deshalb dieſe Zeit, wiewohl ich ſie angenähert für viele Beobachtungen beſtimmt habe, nicht mit angegeben. Rathſam iſt es immer, bei dergleichen Verſuchen die Schließung auch nach merklich wieder erreichtem conſtanten Zuſtande noch eine Zeit dauern zu laſſen, bevor man die neue Oeffnung vornimmt, um des erſten conſtanten Zuſtandes ſicher zu ſeyn. — Bei Ketten, die noch nicht ſo lange geſchloſſen waren, als die hier angewandte, jedoch ſchon einen, längere Zeit für conſtant anzuſehenden, Zuſtand zeigten, habe ich öfters die Bemerkung gemacht, daß nach Statt gefundener Oeffnung und Wiederſchließung die Kraft bald unter die vorher Statt gefundene ſank.

Zeit, während welcher die Kette geöffnet war.	Ein Augenblik.	Brunnenwasser.							
		¼ Min.	½ Min.	1 Min.	2 Min.	4 Min.	8 Min.	16 M.	32 M.	1 Min.
Zahl von 0 zu den ſucceſſiven 4 Oec. von jeder neuen Schließung an.	Unveränderte Kraft.	35	34	34	34	30	29	27	35
		37	37	36	35	34	32	31	37
		37	37	36	36	36	34	33	37
		37	38	37	37	36	35	34	37
					(30)	(28)	(29)	(27)	(26)
					37	37	36	34	38
					37	36	36	36	38
					37	37	36	35	
						36	35	35	
						37	(28)	(28)	
						37	36	35	
							36	36	
							36	36	
							37		

Gang der Wirkungsabnahme von der ersten Schließung an.	Periode	0 Min.	1 Min.	2 Min.	3 Min.	5 Min.	10 Min.	20 Min.	32 Min.	1 St.	2 St. 30 M.	24 St.	40 St.
	Zeit zu 4 Oec.	20	28	30	34+	52	53+	54½	55	56	57	57¾	57¾

II

Eine der vorigen ganz analoge Kette, aber mit geſättigter Kochſalzlöſung. Kraft der Erde von Anfang bis Ende 1664 zu 16 Oec. Temp. bei der erſten Schließung 10° R. Bei der Oeffnung 7½ R. bis 9° R. Zeit zu den ſucceſſiven 4 erſten Oscillationen unmittelbar von Schließung der Kette an: 91, 101, 101, 111 u. ſ. w. Die Kette ward ebenfalls nach 48ſtündiger Schließung geöffnet, wo ihre Kraft (mit der vorigen merklich gleich) auf 1524 zu 16 Oec. oder 381 zu 4 Oec. geſunken iſt.

Zeit, während welcher die Kette geöffnet war.	Ein Augenblick.	Kochsalzlösung.							
		½ Min.	1 Min.	2 Min.	4 Min.	8 Min.	17 M.	1 St. 32 M.	2 Min.
Zahl von t zu den successiven 4 Oct. von jeder neuen Schließung an.	Unveränderte Kraft.	35	32	29	25	23	19	11	29+
		37	37	36	34	30	27+	16	37—
		38	38	37	35	33	31	20	37
		38	38	37	36	35	32	22	(38)
				38	36	35	32	25	38
				38	37	35	33	27	38
					(32)	(21)	(30)	27	
					37	36	34	(37)	
					37	36	36+	30	
					37	37	35+	30	
					38—		35	30	
								31	

Gang d. Wirkungsabnahme von der ersten Schließung an.	Periode	0 Min.	1 Min.	2 Min.	5 Min.	10 Min.	20 Min.	20 Min.	1 St.	2 St. 30 M.	6 St.	24 St.	26 St.
	Zeit zu 4 Oct.	9	12	16	21	25½	28	29⅓	31 7/13	32¼	34	36⅓	38

Die beiden vorigen Verſuchsreihen waren mit Ketten angeſtellt, die auf einen merklich gleichen Kraftzuſtand herabgekommen waren; allein wie man ſieht, ſo kehrte die Kette mit Kochſalzlöſung durch Oeffnung um eine gleiche Zeit auf einen viel höhern Wirkungsgrad zurück, als die Kette mit Waſſer. Was ferner beſondere Bemerkung verdient, iſt der Umſtand, daß das anfängliche Sinken der Kraft nach Wiederſchließung einer Kette ſtets in einem verhältnißmäßig um ſo ſchnellern Grade erfolgt, je höher hinauf die Kraft durch die vorherige Oeffnung gerückt war; und daß dieſes Sinken in gar keinem Verhältniſſe ſteht zu demjenigen Gange des Sinkens, welchen die Kette von der erſten Schließung an befolgte; indem wir z. B. bei Verſ. I. ſehen, daß die 4 Min. geöffnet geweſene Kette von einer durch 31 t repräſentirten Kraft innerhalb einer Minute auf 37 t zurückſank, während dieſes Sinken bei dem Gange der Wirkungsabnahme nach der erſten Schließung über 2 Stunden Zeit brauchte; ein Umſtand, der eben ſo unter allen andern Verhältniſſen der Oeffnung und Wiederſchließung, wo man ſeine Aufmerkſamkeit darauf richten will, beobachtet wird.

Ich begnüge mich, von mehrern Beobachtungsreihen, die mir in Bezug auf den in Rede ſtehenden Gegenſtand vorliegen, noch eine anzuführen; welche den Gang der Wirkungsabnahme für die ſucceſſiven Wiederöffnungen in den erſten Wirkungsperioden einer

Kette zeigt. Die Kette wurde hier allemal abwechselnd 10 Minuten geöffnet und 10 Minuten geschlossen gelassen. Der Versuch ist ziemlich vergleichbar mit dem auf S. 285 Spalte A angeführten Versuch, indem die Kette ganz wie dort construirt war. Die Kraft der Erde correspondirte 1641 zu 20 Dec.

Successive Beobachtungsreihen, zwischen deren jeder die Kette 10 Minuten geöffnet blieb.

									(1)	(2)	(2)	(2)
Fortgezählte Zahl 4 in successiven 4 Oscillationen von jeder neuen Schließung an.		10 20,33 32 43,5 56 68 84 95 108 123 137	10 20 32,5 46 61 77 94 112 130 149	11 23 37 52 68,5 87 105,5 125 145	11 24 35,5 55,25 73 92 112 132 154	11,5 25 11 59 78 98 119 140	12 27 43 + 62 82 103 125 146,5	13 28 + 45 + 64,5 85 106 129 151	12 25 99 55 72 90 109 129 149	10 21 33 46 59 71 86 89 114 129 146	10 21,5 33,33 46 59 73 87 101 116 132	10+ 22 34,5 47 64 74,5 89 104
Zahl zu 20 Dec nach	5 M.	97	107	113	119	124	123,5	125	120	114	114	
	10 M.	103	112	118	122	123	125,5	128	124	120	124,66	

Es erhellt aus dieser Versuchsreihe, daß die erste Oeffnung, nachdem sie eine eben so lange Zeit gedauert hatte, als die vorherige Schließung, die ursprüngliche Kraft merklich wiederherstellte, aber daß das Sinken von der ersten Kraft an bei der zweiten Schließung schneller erfolgte, als bei der ersten; und daß nachherige Oeffnungen um gleiche Zeiten die Kraft nicht merklich wiederherzustellen vermochten. Durch Vergleichung mit der Versuchsreihe auf S. 285 Spalte A findet man ferner, daß die öftern Oeffnungen der Kette nichts dazu beitragen, das Sinken der Kraft der Kette im Ganzen zu verzögern, sondern daß sie nach einer gewissen Zahl Oeffnungen und Schließungen sogar einen etwas tiefern Stand erreicht hat, als wenn man dieselbe Kette die ganze Zeit hindurch, während welcher diese Oeffnungen und Schließungen gedauert haben, geschlossen gelassen hätte, ein Ergebniß, welches ich noch durch einen andern Versuch mit gleich construirter Kette bestätigt fand, wo die abwechselnden Oeffnungen und Schließungen blos 5 Minuten dauerten, und bei dem ebenfalls ein Gegenversuch, analog dem auf S. 285 angeführten angestellt ward. Doch weiß ich noch nicht, ob dieses Resultat allge-

(1) Die Zinkplatte war, ohne die Kreisform abzuwechseln, 10 Minuten an die Luft gebracht worden.

(2) Die Kupferplatte war 10 Minuten an die Luft gebracht worden.

mein iſt, da ich andre Ketten in dieſer Hinſicht noch nicht geprüft habe.

Die Reihen (1) und (2) geben zugleich Belege für den oben angedeuteten Umſtand, daß Herausziehen der Platten die Kraft mehr wiederherzuſtellen vermag, als Oeffnung der Kette ohne Herausziehen derſelben. Schon bei (1) wo die Zinkplatte herausgezogen worden, iſt dies merklich: doch mag hier mehr der Erfolg von der Bewegung der Flüſſigkeit in der Nähe der Kupferplatten abgehangen haben; die ſich bei ſolcher Nähe der Platten im Herausziehen nicht ganz vermeiden läßt, da eine ſolche Bewegung auch ohne Herausziehen eine Wiederherſtellung der Kraft zu bewirken vermag. Ganz deutlich aber wird dieſer Umſtand bei den Reihen (2) wo die Kupferplatte herausgezogen wurde, und wo die Kraft merklich jedesmal wieder zu ihrer urſprünglichen Größe zurückkehrte.

Schon früher wurde angeführt, daß bei Salmiackflüſſigkeit dieſer Einfluß des Herausziehens der Platten noch ohne Vergleich merklicher ſey, als in Brunnenwaſſer. Ein Beiſpiel mag das Auffallende deſſelben nachweiſen.

Der Gang der Wirkungsabnahme einer Zink-Kupferkette in Salmiacklöſung war folgender geweſen. (Erdkraft = 1911 zu 10 Obc.).

Periode der Wirkung	0 Min.	1 Min.	5 Min.	10 Min.	15 Min.	1 St.
Zeit zu 2 Obc.:	11 *	14,5	19	21	22	23¼

Nach Verfluß der einſtündigen Schließung ward das Plattenpaar herausgezogen, ohne es abzuwiſchen, 5 Stunden an der Luft gelaſſen und nachher wieder in derſelben Salmiackflüſſigkeit geſchloſſen. Der Gang der Wirkungsabnahme war jetzt folgender:

Periode der Wirkung	0 Min.	1 Min.	3 Min.	5 Min.	10 Min.	20 Min	40 Min.	1 St.
Zeit zu 2 Oscillat.	9	9+	10	10	10½	12	15½	19½

Da nun die den Oscillationszahlen 11 und 9 entſprechenden Kräfte ſich wie 2 : 3,5 verhalten, ſo erhellt, daß durch das Herausziehen die Kraft nicht nur bedeutend verſtärkt, ſondern auch, wie die Vergleichung mit den nachfolgenden Perioden lehrt, in einem bemerkenswerthen Grade in der Dauer vermehrt worden war.

Uebrigens muß doch bemerkt werden, daß dieſe große Wirkungszunahme von Platten, die aus Salmiacklöſung herausgezogen an die Luft gebracht werden, auch dann Statt findet, wenn die

* Succeſſiv 11. 11. 11. 12. 12+. 13. 13,5. 13,5. 14.

Platten vorher nicht zur Kette geſchloſſen waren *. Die Kraft einer kleinen Säule aus Platten, die mit Salmiacklöſung den Tag vorher auf einer Seite beſtrichen, dann mit Tuchſcheiben, die ebenfalls mit Salmiacklöſung getränkt waren, geſchichtet wurde, zeigte ſich ebenfalls in einem merkwürdigen Grade ſtärker und anhaltender als die einer andern ganz gleich conſtruirten Säule, wo aber die Platten blank geſchichtet wurden. Ich glaube daher, daß man hierin ein Mittel finden kann, die Kraft von Säulen in ausnehmendem Grade zu verſtärken. Doch habe ich dieſe Prüfungen bis jetzt nur für eine kleine Anzahl von Plattenpaaren und mittelſt des Multiplicators vorgenommen.

Auf dem außerordentlichen Einfluß, den die Luft zu Wiederherſtellung der Kraft von Ketten hat, beruht auch wahrſcheinlich der günſtige Effect, den es hervorbringt, wenn man eine Säule, die in ihrer Wirkung bedeutend abgenommen hat, erſchüttert, indem hiedurch der Luft neue Gelegenheit gegeben zu werden ſcheint, zwiſchen die Platten hineinzutreten. Mittelſt des Multiplicators fällt es ſehr leicht, ſich von dieſem, auch die andern Wirkungen betreffenden **, günſtigen Einfluß zu überzeugen; da indeß die Verſuche hierüber weiter kein Intereſſe darbieten, ſo übergehe ich ſie an dieſem Orte.

Ich weiß aus meinen Verſuchen noch nicht mit Sicherheit den Schluß zu ziehen, ob die Wirkungsabnahme der Kette ihrem Weſen nach bis ins Unbeſtimmte fortgeht, oder ob zuletzt ein wirklich conſtanter Zuſtand erreicht wird. Allerdings habe ich einen merklich conſtanten Zuſtand faſt Tage lang fortdauern ſehen; allein immer nur, wenn die Kette um ein großes Vielfache ihrer urſprünglichen Kraft abgenommen hatte, und nachdem die vorhergehenden Differenzen der Abnahme immer kleiner für gleiche Zeiten geworden waren, ſo daß ſich wohl annehmen ließ, die nachfolgenden Differenzen ſeyen nur zu klein geweſen, um beobachtet zu werden. Was die Entſcheidung in dieſem Puncte noch mehr erſchwert, iſt der Umſtand, daß, wenn ein ſolcher merklich conſtanter Zuſtand erreicht iſt, dann öfters kleine Schwankungen in der Kraft der Kette eintreten, vermöge deren ſie bald ein wenig ſinkt, bald ein wenig ſteigt und die von äußern veränderlichen Einflüſſen abhängig ſeyn mögen; die ich jedoch keineswegs immer den Gang der äußern Temp. befolgend gefunden habe. Belege hiezu kann man in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen aufſuchen.

Die Wirkungsabnahme in der Kraft der Kette und ihre Wiederherſtellung durch eine längere Oeffnung betrifft nicht allein die elektromagnetiſchen, ſondern eben ſo alle andre Wirkungen, die man

* Es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß die Bildung einer negativen Verbindung auf der Oberfläche der mit Salmiacklöſung beſtrichenen Kupferflächen Urſach dieſer ſtärkern Wirkung iſt.

** Vergl. Buchholz in Gilb. IX. 438. — Ritter in ſ. pyſ. chem. Abhd. II. 231.

in dieſer Hinſicht prüfen will, und wie es allen Anſchein hat, in gleichen Verhältniſſen.

So ſagt Gilbert *: „Verbindet man zur Zeit, da die Säule am wirkſamſten iſt, beide Enden derſelben durch einen Draht, ſo iſt nicht nur während der Zeit, da dieſe Kette geſchloſſen iſt, ſondern auch noch einige Zeit darauf, nachdem der Draht fortgenommen worden, keine galvaniſche Empfindung aus der Säule zu erhalten; gerade ſo, als müßte ſie ſich erſt wieder allmälig mit Galvanismus laden.“ Für die Verbrennungserſcheinungen iſt ſchon oben derſelbe Umſtand erwähnt worden, und Ritter ** hat ihn ſehr allgemein für alle Wirkungen der Säule nachgewieſen.

Marianini *** hat neuerdings ganz beſonders die Abnahme der elektroſkopiſchen Wirkungen der Säule durch vorhergegangene Schließungen und die Wiederherſtellung derſelben durch Oeffnung der Säule Verſuchen unterworfen; und die ſo gefundnen Reſultate ſtimmen ebenfalls ſehr genau mit den Datis zuſammen, welche im Vorigen über die Abnahme und Wiederherſtellung der eigenthümlichen Wirkungen der geſchloſſenen Ketten enthalten ſind. Die Vergleichung der Wirkungen geſchahe an einem Becherapparate mittelſt eines Volta'ſchen Strohhalmelektrometers, welches freilich weder ein genaues Maß noch Schätzung hinreichend kleiner Differenzen zuließ. Ich begnüge mich hier mit Anführung der allgemeinen Reſultate, welche Marianini aus ſeinen Verſuchen zieht; von denen jedoch manche wohl nur unter einiger Einſchränkung gültig ſeyn möchten.

1) Die Abnahme der Spannung der Pole einer Säule iſt am ſchnellſten unmittelbar nach der Schließung, verlangſamt ſich immer mehr und erreicht eine Gränze, über welche hinaus die Spannung nicht oder faſt nicht merklich weiter ſinkt †.

2) Je größer die Anzahl der Plattenpaare einer Säule iſt, um ſo größer iſt der Verluſt an Spannung, den ſie in einer gegebenen Zeit erfährt, und um ſo ſpäter erreicht ſie die Gränze, von welcher an keine weitere Verminderung der Spannung Statt findet.

3) Der Verluſt an Spannung iſt um ſo raſcher, je beſſer leitend die Flüſſigkeit einer Säule iſt; die Gränze der Abnahme wird um ſo ſpäter erreicht, und der Verluſt an Spannung vor Erreichung dieſer Gränze iſt um ſo größer. — Aehnliche Reſultate gelten, wenn man das Leitungsvermögen des ſchließenden feſten Leiters abändert.

---

* Gilb. VII. 171.

** Gilb. VIII. 458.

*** Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 337.

† Das Reſultat wurde ſo gefunden, daß eine in einem Becherapparat angeordnete Säule von 8 Zinkkupferpaaren in verſchiedenen Zeitepochen nach ihrer Schließung geöffnet, und der Grad, den das Elektrometer zeigte, beobachtet wurde.

4) In dem erſten Augenblicke nach Oeffnung der Kette iſt der Zuwachs an Spannung, mittelſt deſſen ſich die erſte Spannung wiederherzuſtellen ſtrebt, beträchtlicher als in der ſpätern; und die Zeit, bevor dieſe urſprüngliche Spannung wieder vollſtändig erreicht iſt, um ſo größer, je längere Zeit die Kette geſchloſſen blieb.

5) Wenn die Zeit, während welcher der Kreis der Säule geſchloſſen war, kurz iſt, ſo iſt die Zeit der Oeffnung, welche zur Wiederherſtellung der urſprünglichen Kraft erfodert wird, verhältnißmäßig viel länger; aber das Verhältniß zwiſchen der erſten und zweiten Zeit nimmt ab in dem Maße, als die erſte zunimmt, bis beide gleich werden, worauf alsdann die Zeit, welche zur Wiederherſtellung der Kraft erfoderlich iſt, kürzer wird, als während welcher die Kette geſchloſſen war.

6) Je mehr Platten die Säule enthält, um ſo größer iſt die Zeit, welche erfodert wird, damit ſie den, in einer gewiſſen Zeit verlornen, Grad der Spannung wieder erlange.

7) Je beſſer leitend die Flüſſigkeit einer Säule iſt, um ſo weniger wird Zeit zur erſten Wiederherſtellung der Wirkung erfodert. Eine ungeſchloſſene Säule verliert zwar auch allmälig an Spannung, aber die bloße Berührung der Platten mit der Flüſſigkeit hat wenig oder keinen Einfluß hierauf, wohl aber die nie vollſtändige Iſolation der Pole.

8) Der Verluſt an Spannung in einer gegebenen Zeit iſt größer bei neuen, als bei oxydirten Platten. — Der größte Verluſt an Spannung, den ein Apparat aus neuen Platten erfährt, iſt geringer als bei einem Apparat mit oxydirten Platten. — Der Apparat mit neuen Platten gelangt ſchneller als der mit oxydirten Platten zu der Gränze, über welche hinaus die Spannung nicht weiter geſchwächt wird.

9) Der Spannungsverluſt iſt bei Säulen aus Gold und Zink ſchneller als bei ſolchen aus Zink und Kupfer, und gelangt in ſehr kurzer Zeit zu ſeiner Gränze; umgekehrt ſtellt ſich die Spannung auch ſchneller wieder her. Eine Säule aus Blei und Zinn dagegen verliert langſamer ihre Spannung als eine ſolche aus Kupfer und Zink.

Es verdient Bemerkung, daß ſelbſt Zamboniſche Säulen die Abnahme der Spannung durch Schließung und Wiederherſtellung derſelben durch Oeffnung erfahren. Auch dieſer, ſchon früher von mehrern * bemerkte Umſtand iſt von Marianini beſondern Verſuchen unterworfen worden, wovon wir hier einige ſpecielle Reſultate anführen wollen.

Die Pole einer Zamboniſchen Säule aus 1500 Paaren (Silberpapier, auf deſſen Rückſeite Kohlenpulver applicirt worden), die am Elektrometer 14° zeigten, wurden mittelſt eines Bleiſtreifens in

* Z. B. Jäger in Gild. LV. 394.

Verbindung gesetzt, und so eine Minute geschlossen gelassen. Nach Unterbrechung der Communication zeigte sich die Spannung von 14° auf 6° herabgekommen. Bei einem andern ähnlichen Versuch betrug die in 3 Minuten verlorne Spannung 9°. Bei einem dritten Versuch betrug der Verlust 18° in 8 Minuten, bei einem vierten 10°4 in 15 Minuten; und als der Kreis 20 Minuten geschlossen war, zeigte sich die Spannung unmittelbar nach der Oeffnung nur noch 2°.

Von letzterer Schwächung an fanden folgende Grade der Wiederherstellung Statt:

Nachdem die Oeffnung gedauert hat	Grade der Spannung
1 Minute	4°
2 —	$5\frac{3}{4}$
3° —	6^{3}
5° —	7°
8° —	$9\frac{2}{3}$
12° —	11°
21° —	14^{3}

Dieselben Resultate ohne merklichen Unterschied wurden erhalten, als der Kreis zwischen den Polen der Säule, anstatt durch einen metallischen Leiter, so geschlossen ward, daß ein Pol der Säule mit der Zunge, der andre mit den mit Speichel benetzten Fingern berührt ward *.

Es ist nach Marianini's Ergebnissen zur Bewirkung des Spannungsverlustes an der Zamboniſchen Säule auch schon hinreichend, wenn sie, anstatt continuirlich durch einen metallischen Leiter geschlossen zu werden, nur in schneller Abwechselung wiederholt hinter einander geschlossen und wieder geöffnet wird.

Die Wiederherstellung der Wirksamkeit einer hydroelektrischen Kette nach längerer Schließung kann in jedem Fall beschleunigt werden, wenn man sie mit den Polen einer Säule in der Art in Verbindung bringt, daß die Ströme dieser Kette und der Säule einander entgegengesetzt laufen, wie auch die Ladung auf ähnliche Weise schneller zum Verschwinden gebracht wird; ja ist die Säule hinlänglich wirksam, so kann hiedurch selbst eine, die anfängliche Spannung übersteigende, Spannung der Kette, (wenn sie wieder aus dem Kreise der Säule entfernt ist) dadurch hervorgerufen werden, so wie auch die Wirkungen der geschlossenen Kette durch eine solche temporäre Communication mit den Polen einer stärkern entgegengesetzt disponirten Säule nach Marianini auf einen viel höhern Grad gesteigert werden können, als der Kette ursprünglich zukam.

---

* Dieses Gleichbleiben der Resultate bei Schließung durch so verschiedene Leiter darf nicht auffallen, da der Widerstand des feuchten sowohl als des metallischen Leiters gewiß so gut als in gleichem Maße gegen den Widerstand der 1500gliedrigen Säule verschwindet.

Unabhängig von den vorgenannten Urſachen ſcheinen Schwankungen in der Kraft von Ketten auch durch äußere Temperatur und meteorologiſche Umſtände hervorgerufen werden zu können, deren Einfluß jedoch weder hinreichend feſtgeſtellt noch erörtert iſt. Vom Einfluſſe der Temperatur iſt ſchon S. 231 vorläufig geſprochen worden. Ich ſelbſt habe zwar bei einigen einfachen Ketten, die innerhalb eines ſonſt merklich conſtanten Zuſtandes kleine Schwankungen der Kraft zeigten, keine merkliche Abhängigkeit von den dabei Statt findenden, einige Grade R. betragenden, Aenderungen der Temperatur bemerken können; indeß dies beweiſt nichts dagegen, daß ſie nicht unter andern Umſtänden Statt finde; da der Einfluß kleiner Temperaturdifferenzen unter manchen Umſtänden mehr Einfluß erhalten kann, als unter andern.

Eben ſo wenig habe ich bei meinen bisherigen Verſuchen an einfachen Ketten eine Abhängigkeit der Wirkſamkeit von gewiſſen Tageszeiten bemerken können *; allein auch hierüber kann ich, wegen Mangels hinreichend abgeänderter Verſuche, kein entſchiedenes Urtheil fällen.

Nach den Erfahrungen Einiger ſcheint es, daß auch der elektriſche Zuſtand der Atmoſphäre die Wirkung der geſchloſſenen Kette modificiren könne, namentlich vorhandene Gewitter. Ich ſelbſt habe noch keine Gelegenheit gehabt, dieſes Factum bewähren zu können, will aber die Erfahrungen von Biſchof ** über dieſen Gegenſtand anführen.

Derſelbe maß bei einer Säule, mit Kochſalzlöſung geſchichtet, nachdem ſie auf einen merklich conſtanten Grad der Wirkſamkeit herabgekommen war, die Zeiten, welche erfoderlich waren, um eine gewiſſe conſtante Quantität Gas, in einer im Kreiſe derſelben befindlichen, Waſſerzerſetzungsröhre zu entwickeln. Dieſe Zeiten waren eines Nachmittags in abwechſelnd nach einander vorgenommenen Verſuchen folgende: 2 Min. 40 Sec., 2 Min. 39 Sec., 2 Min. 37 Sec. und 2 Min. 39 Sec. Plötzlich trat eine Beſchleunigung der Gasentwickelung ein, ſo daß die Dauer derſelben bis auf 2 Min. 4 Sec. herabſank; zugleich aber hörte man auch in der Entfernung donnern. Sogleich wiederholte Biſchof dieſen Verſuch 3 Mal hinter einander und es fand ſich die Dauer dieſes Prozeſſes in fortwährendem Abnehmen begriffen: nämlich 2 Min. 1 Sec., 1 Min. 54 Sec. und 1 Min. 46 Sec.; der letzte an dieſem Nachmittage angeſtellte Verſuch brauchte gar nur 1 Min. 24 Sec. Zeit. Die Temperatur war Nachmittags 3 Uhr, als dieſe Verſuche begonnen wurden, + 15°,3 C.; zur Zeit, als die plötzliche Beſchleunigung des Gasentwickelungsprozeſſes eintrat, + 15°,5 C. und Abends wiederum

* Marechaux (Bibl. XVI. 124.) glaubt eine ſolche wahrgenommen zu haben.

** Kaſt. Arch. IV. 99.

+ 15°,3 C., mithin konnte die Temperaturveränderung nicht die Urſache dieſer auffallenden Erſcheinung geweſen ſeyn. (Eben ſo verhielt es ſich mit der Waſſerzerſetzung eines andern Apparats, mit welchem gleichzeitig an dieſem Nachmittage Verſuche angeſtellt wurden.) Am nächſten Morgen, als die Verſuche fortgeſetzt wurden, war eine ſehr auffallende Retardation in der waſſerzerſetzenden Kraft der Säule eingetreten, ſo daß die Dauer bis auf 5 Min. 10 Sec., alſo faſt bis aufs Vierfache ſtieg, während das Thermometer 14°,2 C. zeigte *.

Fünfundzwanzigſtes Capitel.

Einrichtung verſchiedener Galvaniſcher Apparate.

Wir ſind jetzt im Beſitz der Kenntniß, nicht nur von welchen Umſtänden die Wirkſamkeit galvaniſcher Apparate überhaupt abhängt, ſondern auch, unter welchen Umſtänden es zweckmäßiger iſt, auf eine vergrößerte erregende Oberfläche der Platten, als eine Vervielfältigung derſelben zu denken; und es mag genügen, in dieſem Bezug nochmals an das S. 174 Erörterte zu erinnern.

Die Verſchiedenheit der Leiter, die man galvaniſchen Verſuchen unterwerfen will, macht es hienach erfoderlich, verſchiedene Einrichtungen galvaniſcher Apparate zu kennen, theils ſolcher, welche ſich für beſſere Leiter eignen, wohin die großplattigen Apparate aus wenig Schichtungen oder ſelbſt einfache Ketten gehören, theils ſolcher, welche Wirkungen auf ſchlechte Leiter hervorbringen ſollen, wohin die Combinationen aus vielen Schichtungen gehören. Begreiflich werden ſich dieſe Einrichtungen auf unendlich verſchiedene Weiſe abändern laſſen; hier kann daher nur unſre Abſicht ſeyn, einige zweckmäßige Arten derſelben anzugeben. Wir verweiſen noch überdies hinſichtlich der zweckmäßigen Einrichtung der großplattigen Apparate auf das Capitel, was von den Hitzewirkungen des Galvanismus handeln wird, da ſolche Apparate faſt allein in Bezug hierauf, oder zu elektromagnetiſchen Erſcheinungen anwendbar ſind, und begnügen uns, hier die Arten, wie galvaniſche Säulen oder ihr äquivalent wirkende Tröge, d. ſ. Combinationen aus vielen Plattenpaaren, auf paſſende Weiſe angeordnet werden können, anzugeben.

Die gewöhnlichſte Art, wie eine galvaniſche Säule aufgebaut wird, und wie ſie zu Bewirkung der chemiſchen und phyſiologiſchen Erſcheinungen vollkommen ausreicht, iſt folgende:

---

* Hieher gehört auch vielleicht eine Erfahrung von Buchholz in Gilb. IX. 437. — Auch Moſt (über die große Heilk. des Galv. u. ſ. w. S. 89) erwähnt, daß bei hellem heitern Wetter und Sonnenſchein die Volta'ſche Säule ſtärker wirke, als bei regniſchem Wetter und trüben Himmel.

Plattenpaare von Zink und Kupfer, gleichviel ob rund oder viereckig, gewöhnlich von der Größe eines Speciesthalers, werden ſo übereinander geſchichtet, daß je zwei Plattenpaare allemal durch eine feuchte Papp- oder Tuchſcheibe getrennt ſind, und daß Zink und Kupfer immer in der nämlichen Ordnung abwechſeln. Man kann bei jedem Plattenpaare die Scheiben blos über einander legen; zweckmäßiger iſt es jedoch, ſie zuſammenzulöthen; weil die aus den feuchten Scheiben herausgedrückte Flüſſigkeit ſonſt leicht zwiſchen Kupfer und Zink eindringt und durch Bewirkung partieller Schließungen ihre Wirkſamkeit mindert. Die Papp- oder Tuchſcheiben ſelbſt werden vorher mit einer gut leitenden Flüſſigkeit, z. B. mit einer Auflöſung von Eſſig in Kochſalz, mit Salmiakauflöſung, oder mit einer ſauren Auflöſung von ſolcher Stärke, daß Zink mäßig darin angegriffen wird, gut durchtränkt * und ſo weit ausgedrückt, daß der Druck der obern Scheiben auf die untern keine Flüſſigkeit aus ihnen zum Ausfließen und Herabfließen bringe. Deßhalb darf man auch, wenn man eine Säule z. B. aus 100 Paaren, der Zahl, auf die man ſich bei den gewöhnlichſten Verſuchen beſchränkt, anwenden will, dieſe nicht zu einer einzigen Säule aufſchichten, weil ſonſt das Herausdrücken der Flüſſigkeit aus den unterſten feuchten Scheiben faſt unvermeidlich ſeyn würde, ſondern man muß ſie in wenigſtens zwei kleinere neben einander ſtehende Säulen theilen, die man mit ihren ungleichnamigen Polen metalliſch verbindet; wodurch, dem früher Erörterten zufolge, die eine Säule eigentlich nur zu einer Fortſetzung der andern wird.

Um der Säule Halt zu verleihen und ſie am Umfallen oder Verſchieben der Platten zu hindern, kann man ſich eines Geſtells bedienen, welches aus drei parallelen überfirnißten Glasſtäben beſteht, die in einem Unterſatz eingekittet ſind, und zwiſchen denen die Säule aufgeſchichtet wird. Noch zweckmäßiger jedoch iſt ein Geſtell der Art, daß zwei gefirnißte hölzerne Säulen oben durch ein Querholz verbunden werden, durch welches man Schrauben gehen läßt, mittelſt deren man auf die Gipfel der partiellen Säulen einen beliebigen Druck äußern kann. Dieſe Vorrichtung iſt in Fig. 42 vorgeſtellt. Ohne die eine oder andre dieſer Einrichtungen iſt es nicht möglich, auf bequeme Weiſe Verſuche mit der Säule anzuſtellen **. Die äußerſten Platten der Säule, welche man Polplatten nennt, werden mit Löchern oder Haken verſehen, um beliebig die Polardrähte einhängen zu können.

Auf eine Iſolirung des Apparats iſt es bei allen Wirkungen, welche die geſchloſſene Kette betreffen, unnöthig, Bedacht zu nehmen; nur zwiſchen den partiellen Säulen darf keine andere Com-

* Nicht unzweckmäßig iſt es, Flüſſigkeit und Platten vorher zu erwärmen.
** Vergl. Beſchreibungen von Geſtellen in Gilb. VII. 160. 183. VIII. 502.

munication Statt finden, als die ihnen weſentlich zukommende Verbindungsart.

Nachdem die Wirkſamkeit der Säule aufgehört hat, oder die Verſuche damit beendigt ſind, muß man ſie aus einander nehmen, und die Metallplatten Behufs neuer Verſuche durch Scheuern von der Oxydhaut und den andern chemiſchen Anſätzen reinigen, die ſich während der Verſuche auf ihrer Oberfläche erzeugt haben, und gewöhnlich ziemlich feſt an dem Metalle haften. Man nimmt dieſes Scheuern am einfachſten mit einem Lappen mit naſſem Sande vor; auch empfiehlt man, zum Reinigen der Kupferplatten etwas Branntweinſpülicht anzuwenden.

Eine andre Art, mehrere Plattenpaare zur zuſammengeſetzten Kette zu combiniren, als der Aufbau zur Säule, iſt ihre Anordnung zum ſogenannten Trogapparate. Mit Uebergehung früherer unvollkommner Einrichtungen beſchreibe ich die zweckmäßigeren Arten derſelben, deren man ſich jetzt bedient *.

Man verfertigt Tröge von Porzellan, die durch Zwiſchenwände in 10 bis 12 Fächer getheilt ſind, wie Fig. 43 im Horizontaldurchſchnitt darſtellt. In London werden dergleichen Tröge von 14½ Zoll Länge und 6 Zoll Breite verfertigt, welche 10 Abtheilungen enthalten **. In dieſe werden nun die Platten ſo eingeſetzt, daß eine Kupfer- und eine Zinkplatte mittelſt eines 1 Zoll breiten Kupferſtreifens (wie in Fig. 44) mit einander verbunden und das Ganze ſo zuſammengeſtellt wird, wie Fig. 45 zeigt. AB iſt nämlich ein Stück trocknes und gefirnißtes Holz, an welches der Streifen eines jeden Plattenpaares feſtgeſchraubt iſt, ſo daß man alle Paare auf einmal aus der Flüſſigkeit herausheben kann, wenn man den Verſuch ſchließen will. Die Platten werden ſo in den Trog eingeſetzt, daß die ſie vereinigenden Streifen genau in die Mitte der Scheidewände zwiſchen zwei Fächer, und daß in jedes Fach eine Zink- und eine Kupferplatte zu liegen kommen, welche nur mittelſt der darin befindlichen Flüſſigkeit in leitender Gemeinſchaft ſtehen.

Von noch größerm Vortheil iſt es, wenn man bei dieſem Apparate ſtatt der Plattenpaare Fig. 43 ſogenannte Wollaſtonſche Plattenpaare anwendet, wo der Zinkfläche von beiden Seiten eine Kupferfläche gegenüber ſteht. Wir werden dieſe Vorrichtung im 26ſten Capitel beſchreiben. Mit ihr den Prinzipien nach übereinkommt folgende, von Oerſted und Stadion *** angegebene, und als ſehr wirkſam empfohlne, Einrichtung.

---

* Die zunächſt folgende Einrichtung iſt aus Berzelius Lehrb. der Chemie entlehnt.

** Um Ketten von mehr als 10 Abwechſelungen zu erhalten, muß man mehrere ſolche Tröge combiniren. Meines Wiſſens kann man auch von Berlin, und nach vorgängiger Beſtellung und Beſchreibung von Meißen dergleichen Tröge erhalten.

*** Schweigg. J. XX. 206.

Man läßt ſich ſchmale parallelepipediſche Tröge von Kupferblech machen, welche 10 Zoll hoch, 10 Zoll lang, aber nur ½ Zoll breit ſeyn dürfen, und ſetzt dieſelben auf ein iſolirendes hölzernes Geſtell ſo neben einander, daß ſie einander nicht berühren. Man ſetzt dann Zinkplatten von 9 Zoll Seitenlänge dergeſtalt in die Tröge ein, daß ſie das Kupfer an keiner Stelle berühren und verbindet dieſelben durch ein Querholz, wie bei den engliſchen Apparaten (AB Fig. 45). Jede Zinkſcheibe wird dabei, nicht mit dem Kupfertroge, in den ſie ſelbſt taucht, ſondern mit dem nächſten Kupfertroge in leitende Verbindung geſetzt; und Flüſſigkeit in die Tröge gegoſſen.

Von der Einrichtung der ſogenannten Deflagratoren oder Calorimotoren, welche im Weſentlichen mit den verſtehenden übereinkommt, wird im nächſten Capitel die Rede ſeyn.

Die Trogapparate haben bei manchem Vortheile doch auch wichtige Uebelſtände *. Sie erfodern anſehnliche Quantitäten Flüſſigkeit, was bei der Anwendung von Säuren ziemlich koſtbar iſt. Eine Batterie von Londoner Trögen, zu ungefähr 50 Plattenpaaren, erfodert 20 bis 30 Quart Flüſſigkeit. Durch den großen Abſtand, der zwiſchen den Plattenpaaren bleibt, wird die Wirkung dieſer Apparate vielfach ſchwächer, als wenn man dieſelben Platten, mit Pappſcheiben abwechſelnd, welche mit derſelben Flüſſigkeit gefüllt ſind, auf die gewöhnliche Weiſe über einander ſtellt. Da man überdies, um die Wirkung zu verſtärken, den Trog gewöhnlich mit einer Auflöſung von Alaun, mit Schwefelſäure verſetzt, anfüllt, ſo wird, während der Wirkſamkeit des Apparats, die Entwickelung des Zinkhaltenden Waſſerſtoffgaſes ſo bedeutend und für das Athmen ſo beſchwerlich, daß ſie ſchon bei 50 Plattenpaaren dem Operator höchſt läſtig fällt. Die Royal Institution zu London beſitzt einen ſolchen Apparat von 2000 Paaren, die in 200 Trögen enthalten ſind. Dieſer Apparat ſteht aber in einem unterirdiſchen Gewölbe, und der Strom wird durch iſolirte Metalldrähte in ein oberes Zimmer geleitet, wo man dann Verſuche damit ohne Unbequemlichkeit vornehmen kann **.

Berzelius glaubt in Bezug auf dieſe Umſtände denjenigen, die nicht mehr als 50 Plattenpaare beſitzen, den Rath geben zu können, ſie lieber mit Pappſcheiben abwechſelnd über einander, als in einem Troge zuſammenzuſtellen, weil die Mühe des Aufſtellens durch eine 5- bis 6fach ſtärkere Wirkung reichlich belohnt werde. Hat man aber vielleicht einige hundert Paare, ſo ſey es rathſamer, ſich des Troges zu bedienen, weil dann der Apparat durch eine oder zwei Perſonen behandelt werden kann, was außerdem nicht möglich iſt.

---

* Die nachfolgenden Bemerkungen ſind aus Berzelius Lehrb. der Chem. entlehnt.

** Gegenwärtig iſt dieſer Apparat, wie ich gehört habe, unbrauchbar und mit zerfreſſenen Platten daliegen.

Außer den hier beschriebenen Vorrichtungen zu wirksamen galvanischen Säulen und Trögen lassen sich allerdings noch viele andre ausdenken und sind ausgedacht werden, von denen jedoch viele mehr Gegenstände der Curiosität als von praktischer Brauchbarkeit oder theoretischem Interesse sind, daher wir ihre Beschreibung übergehen *.

Sechsundzwanzigstes Capitel.

Von den Wärmeerscheinungen der geschlossenen Kette.

Die Vereinigung der entgegengesetzten Elektricitäten im Schließungskreise einer Kette, wenn sie durch unvollkommene Leiter hindurch geschieht, erfolgt eben so unter Erzeugung von Wärme, und nach Beschaffenheit der Umstände auch von Licht, als wir dies bei der Vereinigung der Elektricitäten im Entladungskreise des Leydner Apparates beobachtet haben, ja durch gehörige Verstärkung der Apparate hat man die durch dieselben hervorgebrachte Hitze zu einem Grade gesteigert, wie sie sich kaum durch die stärksten Brennspiegel oder Gasgebläse hervorbringen läßt.

Die Wirkungen, die solchergestalt durch galvanische Apparate erzeugt werden können, bestehen hauptsächlich in Erzeugung von Funken, im Glühen, Schmelzen und Verbrennen von Metallblättern und Metalldrähten, und bei sehr kräftigen Apparaten selbst in Schmelzung und Verflüchtigung von Körpern, die sonst einer sehr starken Hitze widerstehen.

Zuvörderst wollen wir den Weg angeben, diese Wirkungen im Allgemeinen nachzuweisen, nachher die Umstände, welche auf das stärkere oder schwächere Hervorbringen derselben von Einfluß sind, näher betrachten.

Was die **Funkenerscheinungen** anlangt, so kann zur Nachweisung derselben eine Säule aus etwa 30 Plattenpaaren von 1 Quadratfuß Oberfläche *** oder von etwa 100 Plattenpaaren von 3 bis 4 Quadratzoll Oberfläche sehr wohl dienen, die aber mit einer kräftig eingreifenden Flüssigkeit geschichtet seyn muß, z. B. Salmiackauflösung oder einer stark sauren Flüssigkeit.

---

* Hieher gehören u. a. die Aldinischen Apparate in s. Essai I. 311.; ferner Apparate aus verschiedenen Metallen oder andern Stoffen, als Kohle, Fleisch u. s. w., worunter sich eine Literatur in Singer El. S. 397 findet. (Vergl. auch Paronio Saule aus vegetabil. Stoffen in Voigt Mag. f. d. n. Z. d. N. XI. 69.

** Hinsichtlich der Literatur zu diesem Capitel vergleiche man hauptsächlich das allg. Register zu Gilb. Ann. S. 179 bis 183. — Ohm in Kastn. Arch. XVI. 1. — Pictet in Bibl. univ. 1821. mars et avril. Ausgez. in Froc. Not. I. S. 131. — De la Rive in Pogg. Ann. XV. 257.

*** Doch zeigen stärkere Säulen die Wirkungen in noch stärkerem Grade.

Verbindet man die entgegengesetzten Pole einer solchen Säule durch einen Draht, so zeigt sich, mag nun vom positiven nach dem negativen Pole oder umgekehrt geschlossen werden, im Augenblicke der Berührung ein deutlicher, mit einem Geräusch begleiteter, Funken, welcher jedesmal eintritt, so wie man die Berührung abwechselnd aufhebt und wieder erneuert *; und hat man ein feines Metallblättchen an das Ende des Drahts befestigt, so verbrennt dieses bei Berührung des Pols dabei mit schöner Lichterscheinung.

Da die Versuche über diese Lichterscheinungen viel Anziehendes haben, so wollen wir ihre Umstände hier etwas näher erörtern **.

Der galvanische Funken ist sowohl seiner Größe als seiner Farbe und den ihn begleitenden anderweiten Erscheinungen nach sehr verschieden, nach Verschiedenheit der Volta'schen Apparate, der Form und Beschaffenheit der Metalle u. s. w. Die Funken zeigen sich, man mag mit einem Drahte, welcher mit dem einen Pole verbunden ist, entweder an der Polarplatte, oder an einem damit verbundenen Drahte schließen, und stets am auffallendsten, wenn der Draht fein oder zugespitzt ist. Wendet man feine Eisen- oder Stahldrähte an, so zeigt sich der Funke kreisförmig umhersprühend *** und bei größter Intensität einer leuchtenden Sonne ähnlich. Vorzüglich schön zeigt sich die Erscheinung, wenn man mit einem feinen Eisendrahte, welcher von dem einen Pole einer starken Säule ausgeht, die Oberfläche einer kleinen Quantität Quecksilber, in welche ein Draht vom andern Pole taucht, berührt. Der Mittelpunct des Funkens ist dann blau und von hieraus sprühen nach allen Seiten rothe Stralen von ungleicher Länge und von einem und mehrern Zollen bei sehr starken Batterieen †.

Sehr günstig für die Funkenerzeugung wirkt auch die Kohle, besonders Lindenkohle, doch nur wenn sie sehr gut ausgebrannt ist.

---

* Ritter will auch bei Wiedereröffnung einer Säule von 224 Plattenpaaren Funken, jedoch kleiner, als bei der Schließung, beobachtet haben.

** Zum Theil ist dabei Gehlers Wörterb. benutzt.

*** Platindrähte geben Funken ohne Stralen.

† Van Marum und Pfaff in Gilb. Ann. X. 141. — Ritter, als er den eisernen Draht des positiven Pols einer starken Säule von 224 Schichtungen in das Quecksilber leitete, und mit dem eisernen Drahte des negativen Pols die Kette durch Berührung des Quecksilbers in einiger Entfernung von dem positiven Drahte schloß, will außer dem Funken jedesmal einen der Lichtenberg'schen Figur ähnlichen Stern von schwarzem Quecksilberrud entstehen gesehen haben, schloß er hingegen mit dem positiven Drahte, so wurden außer dem vom vorigen etwas abweichenden Funken noch Puncte, Ringe, runde Flecken und überhaupt rund begränzte Gestalten auf dem Quecksilberspiegel erzeugt. Pfaff konnte bei Anwendung von Säulen von 150 Plattenpaaren eine solche Verschiedenheit nicht beobachten. In beiden Fällen zeigten sich, wo der Funken zum Vorschein kam, runde schwarze Flecken auf der Oberfläche des Quecksilbers. — In irrespirabeln Gasarten findet übrigens nach Fourcroy's Versuchen kein Funkensprühen, sondern bloßes Glühen der Eisendrähte Statt (Gilb. VIII. 372.), welches, in Verbindung mit dem Nichtsprühen der Platindrähte zeigt, daß das Funkensprühen von einer wirklichen Verbrennung abhängt.

Man bedeckt zu dieſem Zweck den einen Pol mit einer Kohlenſcheibe *, und ſchließt vom andern Pol aus mit einem Metalldraht oder Metallblättchen, oder man bringt auch Kohlenſpitzen an den entgegengeſetzten Polardrähten an, um ſie dann in Berührung mit einander zu ſetzen **. Nach Brugnatelli iſt kein Metall mit den weichen Holzkohlen in der Eigenſchaft vergleichbar, aus der Säule Funken hervorzulocken; blos das Silberamalgam wirkt nach ihm noch vortheilhafter in dieſem Bezug ***.

Die bequemſte Art, das Verbrennen von Metallblättchen † zu zeigen, iſt, daß man an einem gebogenen Draht des einen Pols die Metallblättchen anhängt, und damit entweder eine Queckſilberfläche oder, wie eben erwähnt, eine mit Blattgold bedeckte Kohlenfläche, oder überhaupt eine Metallfläche, die mit dem andern Pol in Verbindung ſteht, berühret ††. Verſchiedene Metallblätter zeigen hiebei ein verſchieden gefärbtes Licht. Nach Singers und Simons Verſuchen ††† verbrennen Goldblätter hiebei mit einem lebhaft weißen, blau nüancirten oder gelblichweißen Lichte mit Hinterlaſſung eines rothbraunen Staubes; Silberblättchen mit ſmaragdgrüner Farbe, mit rothgelben Rändern, und Zurücklaſſung eines dunkelgrünen Pulvers; Kupfer mit bläulichweißem Lichte, begleitet von rothen Funken u. ſ. w. — Etwas Unterſchied ſcheint bei dieſer Farbe in den Nuancen auch der Körper, an welchem mit dem Metallblatt geſchloſſen wird, zu machen, wie aus Simons Verſuchen hervorgeht.

---

* Ueber dieſe legt Brugnatelli noch überdies ein Blatt Blattgold.

** Vergl. Carrier in Gilb. XII. 364; Brugnatelli Gilb. XVI. 89.

*** Legt man ſolches Amalgam auf die obere Endplatte einer Säule oder auf eine Kohle, welche auf dieſer Platte liegt und ſchließt nun am Silberamalgam mit irgend einem Metallbogen, ſo erhält man dicke und ſehr glänzende Funken von dem ſchönſten Lasurblau. Das Blattgold verbrennt auf dieſem Amalgam mit bewundernswürdiger Schnelligkeit und immerfort ſprühen Funken in Menge längs der Linie der Berührung. Dieſes Schauſpiel wird noch prachtvoller, wenn man auf das Amalgam einen Streifen Blattgold legt (Brugnatelli).

† Wahrſcheinlich verbrennen die edlen Metalle hiebei eben ſo wenig, wie bei Entladungen der Leydner Flaſche, ſondern zerſtieben nur unter Lichterſcheinung.

†† Als ein leichtes Mittel, dieſe Wirkungen ſehr deutlich zu zeigen, beſchreibt Sartoryh (Cl. II. 297) folgendes: Man verſieht das obere Ende der Batterie mit einem frei ſchwebenden Goldblatte, ſchwärzt eine Metallplatte über dem Lichte und ſuhrt, nachdem man dieſe mit dem unterſten Ende der Batterie durch eine feine Klaviersaite in Verbindung geſetzt, die geſchwärzte Seite gegen das Ende des Goldblattchens. Die Kohlentheilchen wirken hier unſtreitig nicht nur ihrer Beſchaffenheit wegen günſtig, ſondern der ſchwarze Grund macht auch das Licht kenntlicher.

††† Singer in ſ. Cl. 254; Simon in Gilb. IX. 401. Erſterer ſchloß mit den Blättchen an einer vergoldeten Metallplatte, letzterer verglich die Schließung an einem Zinkſtabe und einem Kupferſtabe. — Letzterer hat auch mehrere Verſuche über das Verbrennen von Metalldraht und Metallblättchen in Sauerſtoffgas angeſtellt.

Der galvaniſche Funken hat nur eine ſehr kleine Schlagweite. Children * maß die Schlagweite mit Hülfe eines an die Platinſpitzen angebrachten Mikrometers, die in einen mit ſehr trockener Luft gefüllten Recipienten eingelaſſen waren. Bei 1250 Plattenpaaren erſchien der Funke nicht eher, als bis die Spitzen bis auf $\frac{1}{10}$ eines Zolles einander genähert waren. Bei dem großen Apparate der Royal institution in London von 2000 vierzölligen Plattenpaaren mußten bei Davy's Verſuchen ** die Kohlenſpitzen, die an die Leitungsdrähte angebracht waren, bis zu $\frac{1}{50}$ oder $\frac{1}{60}$ Zoll einander genähert werden, ehe ſie irgend ein Licht zeigten; wenn ſie aber intenſiver glühten, ſo fuhr ein anhaltender Lichtſtrom zwiſchen ihnen zu ſpielen fort, wenn man ſie auch nach und nach, ſelbſt bis zu der Weite von 4 Zollen, von einander entfernte ***. Der Lichtſtrom zeigte ſich in Geſtalt eines Bogens, in der Mitte breit und gegen die Kohlenſpitzen ſchmal zulaufend. Er übertraf jede andere Flamme an Glanz und war von ſo intenſiver Hitze begleitet, daß ſelbſt die ſonſt ſchwerflüſſigſten Körper darin ſchmolzen. Diamantſtücke und Reißbleiſpitzen verſchwanden und ſchienen zu verdunſten. Dicke Platindrähte zerſchmolzen ſchnell in große Kügelchen; Sapphir, Quarz, Talk und Kalk kamen in offenbaren Fluß. Dieſe Wirkungen erfolgten ſelbſt, und zwar mit noch größerer Stärke, wenn die Kohlenſpitzen ſich in einer, durch die Luftpumpe verdünnten, Luft befanden. Dann fuhr der Luftſtrom fort zwiſchen beiden Spitzen in einem Abſtand von 6 Zoll zu ſpielen, und man konnte ihn ganze Stunden ſo fortdauern laſſen, ohne daß die Kohle ſich um eine merkliche Quantität vermindert fand.

Aehnliche Beobachtungen über außerordentliche Hitzewirkungen, namentlich durch ſehr großplattige Apparate, haben Children †, Silliman und Hare ††, angeſtellt. Beſonders merkwürdig ſind hiebei die Wirkungen, die ſie auf Kohle und Graphit beobachteten, welche ſonſt für unſchmelzbar gehaltenen Körper hier eine deutliche theilweiſe Schmelzung, die ſelbſt diamantähnliche Producte lieferte,

---

* Philos. transact. 1809. 36.

** Davy El. of Chem. Phil. 152.

*** Wahrſcheinlich weil die durch die Hitze übergeriſſenen Kohlentheilchen dann die Leitung zwiſchen den Spitzen unterbrachen.

† Gilb. LII. 353.

†† Die frühern Verſuche Silliman's, welche die Wirkung auf Kohle betreffen, finden ſich in American Journ. of Sc. and Arts V. 361, ſo wie in Ferussac Bull. V. 113. — Spätere Verſuche deſſelben, welche namentlich die Wirkungen auf Graphit betreffen, in Schweigg. J. XXXIX. 87, oder Ferr. Bull. V. 112. 280. — Die Proceſſionen (nebſt einigen neuen Verſuchen) welche er und Hare mit Bannrem gemacht haben, und aus welchen hervorzugehen ſcheint, daß die geſchmolzenen Kügelchen, die ſie erhielten, wirklich geſchmolzener Kohlenſtoff war, ſind vollſtändig zuſammengeſtellt im Bullet. des sc. math. VII. 209. — Der Apparat der Hare'ſchen Verſuche findet ſich beſchrieben im Laboratorium Heft 2. Taf. VI.

und Verflüchtigung in Gestalt eines weißen Rauchs erfuhren. Zugleich zeigte sich die bemerkenswerthe Erscheinung, daß der am Zinkpol befestigte Graphit oder Holzkohle stets eine kegelförmige Hölung darbot, das am Kupferpol dagegen angebrachte Stück eine mehr oder weniger beträchtliche Verlängerung *, so daß also vom Zinkpol zum Kupferpol in der Richtung des Stroms eine Fortführung von Kohlentheilchen Statt gehabt haben mußte.

Es lassen sich sogar mittelst Kohlenspitzen Funken unter Wasser, Alkohol, Aether, Oelen und concentrirten Säuren erhalten, wenn gleich mit verminderter Stärke, wie dieses Davy ** namentlich mit einem Trogapparate aus 20 viereckigen Platten aus Zink und Kupfer von 13 Zoll Seiten beobachtete.

Nicht nur Metalle, sondern auch andere brennbare Körper, wie Phosphor, Schwefel, Naphtha, Schießpulver glückt es mittelst des galvanischen Funkens zu entzünden ***.

Bringt man die Polardrähte einer kräftig wirkenden Säule mit einander in Berührung, so bemerkt man außer den zwischen ihnen entstehenden Funken auch noch ein mehr oder weniger starkes Anhaften zwischen denselben, welches nicht sowohl eine elektroskopische, als vielmehr eine von der Strömung abhängige Erscheinung zu seyn scheint, insofern Biot † bemerkte, daß es weit mehr durch Größe, als Zahl der Plattenpaare verstärkt wird. Ueberhaupt scheint es mit den Umständen zuzunehmen, welche die Hitzewirkungen befördern; denn die Metalle beobachten nach Biot hinsichtlich ihrer Fähigkeit, diese Adhäsion hervorzubringen, gerade die umgekehrte Ordnung, als die ihres Leitungsvermögens ist.

Die Adhäsion der beiden Poldrähte der Batterie aus den 8 großen Platten, womit Fourcroy seine Versuche anstellte (S. 311 Anm.), war so stark, daß man die Drähte erschüttern, selbst kleine Gewichte anhängen konnte, ohne daß sie sich von einander trennten. Diese Wirkungen gelingen bei wechselseitiger Berührung der Spitzen der Drähte besser, als auf irgend eine andere Art. Breite Flächen lassen sich dagegen nicht auf solche Art zum Adhäriren bringen, unstreitig, weil der Strom in ihnen zu sehr an Intensität verliert.

Um das Schmelzen und Erglühen von Metalldrähten in der Kette nachzuweisen, kann man sich sehr zweckmäßig der sogenannten Wollaston'schen Platte bedienen, welche nichts anderes als eine einfache Zinkplatte ist, von beiden Seiten mit einer Kupfer-

---

* Nach Schweigg. J. soll am Kupferpol die Hölung, am Zinkpol die Verlängerung seyn; im Bull. des sc. aber ist die Angabe so gestellt wie oben, wobei Silliman zugleich bemerkt, daß früher die Pole unrichtig bezeichnet worden seyen.

** Gilb. XII. 355.

*** Eine Zusammenstellung von dergleichen Versuchen s. in Sartorius Cl. II. 301 und dem Reg. zu Gilb. Ann. S. 183.

† Gilb. X. 30. — Vergl. auch die Versuche von Bouvier. Gilb. XXII. 435.

platte umgeben. Biot giebt ihre nähere Beschreibung folgendergestalt:

ZZ (Fig. 47) ist eine (von der schmalen Seite gesehene) rechteckige Zinkplatte, die 5 bis 6 Zoll in der Breite und doppelt so viel in der Länge hält. Um diese schlägt man ein Kupferblatt CCCC und hält beide durch Würfel von Holz aus einander, so daß der Zink das Kupfer nirgends berührt. Bei O, O, O in dem untern Theile der Kupferplatte sind Löcher angebracht, um dem flüssigen Leiter den Zutritt zur Zinkplatte zu erleichtern. Die Zinkplatte hat an einer Seite einen, gleichfalls aus Zink bestehenden, Ansatz m, an welchem parallel mit der Richtung der Platte ein kupferner Arm t befestigt ist; ein, gleichfalls kupferner, Stab t', an der äußern Oberfläche der Kupferplatte befestigt, erhebt sich in einer, auf den Arm t senkrechten Richtung, so daß die Enden beider ungefähr 5 Lin. von einander entfernt sind. Soll dieser Apparat einen Draht ins Glühen versetzen, so verbindet man letztere Enden durch einen Platindraht f von ungefähr [illegible] Linie Dicke und taucht die Platten in eine stark leitende Flüssigkeit, z. B. eine Mischung von 1 Volumtheil Schwefelsäure, 1 Volumtheil Salpetersäure und 30 bis 40 Volumtheile Wasser *. — Für dickere Drähte müssen übrigens auch die Platten größere Dimensionen haben, können dagegen für dünnere Drähte noch kleiner seyn.

Die Dimensionen dieses Apparats haben begreiflich nichts Absolutes, insofern sie nur in einem angemessenen Verhältniß zur Länge und Dicke des Drahts stehen müssen, den man zum Glühen bringen will. Verkleinert man den Draht sehr bedeutend in seinen beiden Dimensionen nach, so wird man ihn auch durch ein Plattenpaar von viel geringerer Größe ins Glühen bringen können. Wollaston hat dies aufs Aeußerste in seinem sogenannten Fingerhutapparate, der in der That nur aus einem silbernen Fingerhute mit entsprechender Zinkplatte besteht, getrieben, indem er als Verbindungsdraht einen der so ausnehmend feinen Drähte anwendet, die er durch das, S. 13 Th. I. beschriebene, Verfahren erhält **.

Leicht kann man mehrere Wollaston'sche Plattenpaare zu einer zusammengesetzten Kette verbinden. Die in Fig. 48 vorgestellte Einrichtung, wo diese Plattenpaare an einem gemeinschaftlichen Balken befestigt, in untergesetzte Gläser mit saurer Flüssigkeit eingetaucht und beliebig wieder herausgezogen werden können, ist diejenige, welche Biot als die vortheilhafteste für sehr kräftige galvanische Wirkungen empfiehlt. Es leuchtet ein, daß man, je nach der Verbindungsart

* Children empfiehlt zum Drahtglühen eine Mischung aus 1 Theil starker Salpetersäure, 10 Theilen Wasser und ein wenig Salzsäure (Gilb. XLIV. 280). — Van Marum, Pfaff [illegible]

** Die Beschreibung dieses kleinen Apparats s. in Gilb. LIV. [illegible] Wörterb. IV. 690.

der Platten, diesen Apparat als einen großplattigen oder vielplattigen wird wirken lassen können.

Sehr zweckmäßig zu dergleichen Versuchen ist auch der von Hare* angegebene Apparat. Derselbe besteht aus einem spiralförmig zusammengerollten Zinkblatt, welches von beiden Seiten mit einem spiralförmig zusammengerollten Kupferblatte umgeben und durch isolirende Leisten davon getrennt ist. Das Ganze stellt solchergestalt einen Cylinder dar, dessen Durchschnitt in Fig. 49 vorgestellt ist. An dem Zinkblatte und dem Kupferblatte können ebenfalls zweckmäßig solche kupferne Arme angebracht werden, als bei dem Wollaston'schen Apparate beschrieben worden sind; und taucht man dann den ganzen Cylinder in stark gesäuerte Flüssigkeit, so wird ein beide Arme verbindender Draht ebenfalls ins Glühen gerathen.

Mehrere dergleichen Cylinder kann man zu einem Trogapparate verbinden, indem man sie an einem gemeinschaftlichen Balken aufhängt, und das Kupfer jedes Cylinders durch Metallstreifen mit dem Zink des nächsten Cylinders in Verbindung setzt, und dann gemeinschaftlich in untergesetzte Gefäße eintauchen läßt. Hare hat einen solchen Apparat vorgerichtet, der aus 80 Rollen bestand, und hat noch außerdem Apparate angegeben, worin die Plattenpaare so combinirt waren, daß sie nur als eine einfache Kette von sehr großer Oberfläche wirkten**.

Alle dergleichen zusammengesetzte Trogapparate, die zu sehr starken Hitzewirkungen bestimmt sind, pflegt man mit dem Namen Calorimotoren oder Deflagratoren zu bezeichnen. Wir übergehen ihre nähere Beschreibung, da ihre verschiedenen Abänderungen theoretisch nichts Merkwürdiges haben; denn nicht sowohl auf die äußere Form, als das richtige Verhältniß der Zahl und Größe der Platten zu den beabsichtigten Wirkungen kommt es hiebei an, und dann können schon die bisher von uns beschriebenen Apparate dienen, selbst die stärksten Hitzewirkungen hervorzubringen.

Zu Demonstration der Hitzewirkungen auf Drähte und Metallblätter bei Vorträgen gewährt es sogar mehr Bequemlichkeit, anstatt Trogapparate, sich eines Apparats aus 30 bis 50 Plattenpaaren von etwa 1 Quadratfuß Oberfläche zu bedienen, dessen Polplatten mit Vorrichtungen versehen sind, um feine Drähte dazwischen auszuspannen***.

---

* Einen ähnlichen hat Offer[illegible] Ann. LXIX. 198 oder Gehlers Wörterb. [illegible]

** Die Beschreibung dieser Ap[illegible] im Laboratorium Heft II. Taf. VI. — [illegible] oder [illegible] ters Wörterb. IV. 692.

*** Mit einer solchen Säul[illegible] indeß reicht selbst eine geringere [illegible] Wirkung nachzuweisen, wie [illegible] Vermehrung der Plattenpaare [illegible]

Je nach der Beschaffenheit der Apparate kann das Glühen der schließenden Drähte nur 1 bis 2 Secunden oder selbst Stunden lang fortdauern. Jedenfalls findet man, wenn der Apparat beim Schließen eine gewisse Drahtlänge, z. B. von Eisen, bei einer gegebenen Dicke zum Glühen zu bringen vermochte, daß er einige Zeit nachher nur eine geringere Länge zum Glühen zu bringen vermag, und so immer weniger*, bis ein Eisendraht von derselben Dicke, wie kurz man ihn immer nehmen mag, die Schließung ganz ohne Lichterscheinung bewirkt. Gesetzt nun, daß man, anstatt den verbindenden Eisendraht so successiv zu verkürzen, ihm immer seine erste Länge läßt, so wird man finden, daß der immer kleiner werdende Theil, welcher noch glüht, sich in der Mitte dieser Länge befindet und daß der glühende Punct, der sich noch zeigt, wenn die letzte Möglichkeit des Glühens vorhanden ist, genau die Mitte dieses Drahtes einnimmt**.

Diesen Resultaten zufolge scheint es, daß die Hitze in dem Drahte, welcher die Wirkung der Kette erfährt, von den Enden nach der Mitte hin zunimmt, was auch Pictet (Fror. Not. I. S. 131) durch directe thermometrische Beobachtungen an einem nicht glühenden, durch Wasser (dessen Temperatur gemessen ward) geleiteten Schließungsdrahte bestätigt hat. Vielleicht erklärt sich diese abnehmende Hitze einfach daraus, daß die Enden des Drahts wegen ihrer Berührung mit den metallischen Elementen der Säule (guten Wärmeleitern) ihre Wärme leichter verlieren, als die Mitte des Drahts, und es müßten daher erst Versuche mit Berücksichtigung dieses Umstandes angestellt werden, um zu entscheiden, ob jene Ab-

---

und Anderer Erfahrungen in der That minder wirksam ist, als Vermehrung ihrer Oberflächen. Aeneraro und Banquelin bauten eine Säule aus drei 8 Abwechslungen von Platten, die ungefähr 8 Zoll Durchmesser hatten, und mit Salmiakauflösung geschichtet waren, und verhielten durch eine sehr große Wirksamkeit in der Funkenerzeugung (Gilb. VIII. 370). Simon (Gilb. IX. 392) erhielt schon von 6 Lagen Zink- und Kupferplatten, deren jede 8 Zoll Durchmesser hatte, ziemliche Funken, und bei 18 Lagen kamen, wenn er die Kette mit einem Eisendrahte schloß, schöne weiße Funken hervor, die Strahlen von ½ bis 1 Zoll Länge schießen und mit einander Reien von fast 2 Zoll Durchmesser bildeten. Hat man keine großen Platten, so kann man sich leicht dadurch helfen, daß man die gleichnamigen Pole mehrerer Säulen von kleinen Platten mit einander verbindet.

* Von der Wiederherstellung dieser Wirkung durch Herausnehmen der Platten an die Luft ist früher gesprochen worden.

** De la Rive hat beobachtet, daß, wenn der Strom nicht so stark ist, daß die Drahte der Kette, welche sich [illegible] machen, glühend werden können, sich alsdann das Glühen nur an den Einbiegungspunkten zeigt, und daß im Allgemeinen, wenn man aus mehreren an einander gereihten, entweder homogenen oder heterogenen, Metalldrahten einen Leiter bildet, so jedesmal die den Verbindungspunkten zunächst liegenden Portionen sind, welche sich am meisten erhitzen und allein glühend werden, falls die Säule nicht so stark ist, daß der ganze Leiter zum Glühen kommen kann. Ein Versuch, welcher mit dem oben S. 309 erwähnten Umstande zusammenhängt, daß die Wärmeentwicklung in der Säule in Abhängigkeit von dem Widerstande steht, den sie in der Kette findet.

nahme der Wärme nach dem Ende zu ein der Glühwirkung der Kette eigenthümliches Phänomen sey.

Von denselben Umständen könnte auch möglicherweise abhängen, daß nach der Uebereinstimmung aller Beobachter die Wärmeerzeugung am positiven oder Zinkpol stärker erscheint, als am negativen oder Kupferpol, da Kupfer die Wärme mehr als doppelt so gut leitet, als Zink. Wenigstens finde ich bei den Versuchen über diesen Gegenstand nirgends einer Berücksichtigung dieses Umstands erwähnt; daher hierüber noch neue Versuche erfoderlich werden. Möglicherweise könnte auch der verschiedene chemische Prozeß an der positiven und negativen Seite zu einem Unterschied in der Wärmeentwickelung beitragen.

Zum Belege dieses Unterschieds wollen wir hier die Resultate einer Versuchsreihe von Nobili* folgen lassen.

Er nahm eine Zink- und eine Kupferplatte, die eigens so eingerichtet waren, daß jede in einer dazu bestimmten Hölung mitten in ihrer Masse ein Thermometer aufnehmen konnte, setzte beide mit den Drähten eines Multiplicators in Verbindung, füllte die Hölungen für die Thermometerkugeln mit Quecksilber vollends aus, und befestigte hierauf beide Platten in verticaler Stellung auf dem Boden eines Gefäßes, in das er mit Säure versetztes Wasser goß. Die Temp. dieses Wassers wurde von einem dritten Thermometer angegeben. Unter diesen Umständen erhielt er folgende Temperaturangaben:

Zeit der Beobachtung.	Thermometerstand			Grade des Multiplicators.
	a im Zink.	b im Kupfer.	c im Wasser.	
nach 0 Min.	11°	11°	11°	60°
„ 2 „	15°½	11°½	13°	63°
„ 4 „	18°½	13°	17°	61°½
„ 6 „	20°½	15°	19°	61°
„ 8 „	22°½	16°½	21°	61°
„ 10 „	23°½	18°	22°	61°
„ 12 „	24°½	19°	23°½	61°
„ 14 „	21°½	20°	24°½	61°
„ 16 „	25°	20°	25°	61°
„ 18 „	25°	20°	25°	61°
„ 20 „	24°½	20°	25°	60°
„ 22 „	24°	20°	24°½	60°

Demnach ist die Temperatur des Zinks immer höher als die des Kupfers, die Temperatur der Flüssigkeit ist Anfangs geringer als die des Zinks, doch werden beide gegen das Ende einander gleich.

* Baumg. und Ettingh. Zeitschr. IV. 350; ausgez. aus Bibl. univ. Févr. 1828. p. 118; auch Schweigg. J. LIII. 285.

Entsprechende Resultate erhielt de la Rive an einem durch Wasser, dessen Temp. gemessen wurde, geleiteten Schließungsdraht eines Trogapparats, bei dem er die wärmeerzeugende Wirkung am positiven Pole zu der am negativen Statt findenden wie 69 zu 105 schätzt *.

Weiterhin werden wir sehen, daß die Erwärmung der feuchten Zwischenleiter in der Kette ähnliche Resultate darbietet.

In der Leichtigkeit, durch den Volta'schen Apparat ins Glühen zu kommen, befolgen die Drähte die umgekehrte Ordnung ihres Leitungsvermögens für die El., wie schon früher erwähnt worden; wir verweisen daher in diesem Bezug auf das 19te Capitel.

Wenn die Drähte aus leicht oxydirbaren Metallen bestehen, z. B. aus Eisen, und hinlänglich dünn sind, so können sie durch starke Apparate eben so wohl verbrannt und zerstreut werden, als durch Entladungen Leydner Flaschen.

Nach Singer **, wenn man einen feinen Platindraht, der sich unter dem Recipienten der Luftpumpe ausgespannt findet, durch Verbindung mit den entgegengesetzten Polen einer hiezu hinlänglich starken Batterie zum Dunkelrothglühen gebracht hat, und nun die Luft nach und nach mehr verdünnt, wird sein Glühen immer lebhafter, bis er endlich zum Weißglühen kommt. Läßt man nun wieder Luft in den Recipienten ein, so verliert der Draht seine extensive Hitze und erscheint dunkler, als zu Anfange des Versuchs. Beim Wiederverdünnen der Luft nimmt seine Glut wieder zu und nimmt wieder ab, so wie man die Luft zu ihrer ursprünglichen Dichtigkeit bringt. Diese Wirkungen lassen sich mehrmals wiederholen und behaupten immer ein gleiches Verhältniß unter sich, wiewohl sie bei jeder Wiederholung an Intensität abnehmen.

In Fällen, wo ein Schließungsdraht vom Strom eine kräftige Einwirkung erfährt, die jedoch nicht hinreicht, ihn in sichtbares Glühen zu versetzen, läßt sich doch eine Erwärmung desselben durch das Thermometer wahrnehmbar machen; am besten dadurch, daß man den Draht, ohne Unterbrechung seiner Continuität, durch ein kleines Gefäß mit Wasser oder Oel leitet und durch ein hier hinein gesenktes empfindliches Thermometer die Temperaturerhöhung, die der Draht der Flüssigkeit mittheilt, mißt. Bei starker Wirkung kann die Temperaturerhöhung so groß werden, daß die Flüssigkeit ins Kochen geräth.

Nicht allein die festen, sondern auch die flüssigen Leiter erfahren im Kreise einer hinlänglich wirksamen Batterie eine Erhitzung. Zwar konnten Carlisle und Nicholson *** so wie Simon † in einer

* Ferr. Nat. I. S. 131. — Es gehören hieher auch die Versuche von Children in Gilb. LII. 309; von Reinhold in Gilb. X. 457 Anm.

** Ib. 255.

*** Gilb. VI. 359.

† Gilb. X. 299.

Waſſerzerſetzungsröhre mit den empfindlichſten Apparaten durchaus keine Temperaturerhöhung wahrnehmen; indeß ſcheint dieſes an den beſondern Umſtänden ihres Verſuchs gelegen zu haben, indem ſie nur gewöhnliche kleinplattige Säulen von beiläufig 100 Paaren anwandten. Dahingegen haben viele Andere* mit Beſtimmtheit eine ſogar ſehr bedeutende Temperaturerhöhung der in der Kette befindlichen Flüſſigkeit bei Anwendung ſehr großplattiger Trogapparate oder mit ſehr kräftiger Flüſſigkeit (Salmiakauflöſung) geſchichteter Säulenapparate wahrgenommen.

Wir wollen in dieſem Bezuge die Verſuche von Bunſen anführen.

Dieſer ließ ſich zwei verſchiedene gebogene Röhren verfertigen. Die eine hatte eine einfache Biegung in folgender Art ∧ und war an ihrer oberſten Spitze mit einem ſehr empfindlichen Thermometer verſehen. Die andere war doppelt gebogen, wie beiſtehende Figur ∧∧ und hatte an beiden Spitzen Thermometer. Dieſe Röhren wurden mittelſt Drähten, die durch Korkſtöpſel hineinreichten, zu Waſſerzerſetzungsröhren vorgerichtet, und mittelſt dieſer Drähte in den Kreis einer Batterie von 1500 Abwechslungen aus Kupfer, Zink und Pappſcheiben, mit Salmiakauflöſung befeuchtet, gebracht.

Der Verſuch wurde zuerſt mit der erſten Röhre angeſtellt, die Anfangs mit deſtillirtem Waſſer, in der Folge aber mit Salmiakauflöſung gefüllt war. Die Metalldrähte, welche feine Spitzen hatten, wurden abwechſelnd aus Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Zink und Blei genommen; aber es zeigte ſich beinahe kein Unterſchied, welches Metall in dieſer Abſicht man anwendete. Uebrigens hatten ſie eine ſolche Länge, daß ſie von beiden Seiten die Kugel des Thermometers erreichen konnten, ohne doch ſelbſt zuſammenzutreffen.

Zuerſt wurde, wie geſagt, die Röhre mit deſtillirtem Waſſer bei einer Temperatur der Luft von 14° R. und einem Abſtand der Drähte von 1 Zoll gefüllt. Als die Kette geſchloſſen wurde, ſtieg das Thermometer bei ſtarker Gasentwickelung, und nach Verlauf von 10 bis 12 Min. ſtand es unbeweglich auf 23° R.

Bunſen füllte darauf die Röhre mit Salmiakauflöſung. Die Entwickelung von Gas war bedeutender. Das Thermometer ſtieg und nach einigen Minuten ſtand es unbeweglich auf 38° R.

Da die Röhre aus ſehr dünnem Glaſe beſtand, und das Waſſer, das ſich aus dem Pfropfen hervordrängte, verdampfte, ſo wickelte Bunſen, um den erkältenden Einfluß dieſer Urſachen zu vermeiden, trockenen Flanell 10 bis 12mal um die Röhre, kittete die Korkpfröpfe luftdicht ein und ließ, um dem von der entwickelten Luft gepreßten Waſſer Ablauf zu verſchaffen, ſehr dünne, einige Zoll lange, Glasröhren luftdicht durch die Pfröpfe gehen. Die Röhre wurde mit

* Tarum in Gilb. XXVII. 156. — Bunſen in Gilb. XXV. 169. — Oerſted in Schweigg. J. V. 467.

Salmiakflüſſigkeit gefüllt und nach Schließung der Kette ſtieg das Thermometer auf 40° R.

Die zweite Röhre mit den beiden Thermometern ſollte dazu dienen, zu ſehen, auf welcher Seite die höchſte Temperatur Statt fände. Die Verſuche mit ihr wurden durch dieſelbe Batterie angeſtellt und zwar wiederum zuerſt mit reinem Waſſer und darauf mit Salmiakauflöſung, bei einer äußern Temperatur von 10° R. Nachdem die Kette eine Minute hindurch geſchloſſen war, ſtand das Thermometer bei dem Drahte, der Sauerſtoffgas gab (dem poſitiven Polardrahte) auf 12° R.; bei dem Drahte dagegen, der Waſſerſtoffgas gab (dem negativen Drahte) auf 8° R. Nach Verlauf einiger Minuten ſtieg letzteres zu 10°, dann zu 12° und endlich blieben beide Thermometer bei 15° R. ſtehen. Wurde ſtatt des Waſſers die Salmiakauflöſung genommen, ſo war Alles wie vorher, außer daß beide Thermometer auf 20° R. ſtiegen.

Die im Ganzen geringere Temperaturerhöhung bei der doppelten Röhre hatte ihren Grund in dem größern Abſtande zwiſchen den Drähten. Es war aber nach Bunſen's Bemerkung die Temperatur bei den Spitzen derſelben, wo ſich die Thermometer fanden, noch nicht am höchſten, ſondern das Gefühl gab offenbar eine weit höhere Temperatur in der mittelſten Biegung der Röhre zu erkennen.

Man kann bei dieſen Verſuchen die Erwärmung der Flüſſigkeit nicht wohl daher ableiten, daß ſie blos mittelbar durch die Drähte erwärmt würde, da Bunſen's Angabe zufolge die Wärme in der Mitte zwiſchen beiden Drähten ſogar ſtärker war, als an den Drähten ſelbſt, ein Reſultat, welches von Oerſted * beſtätigt wird; und eben dieſer Umſtand hindert, den chemiſchen Proceß der Waſſerzerſetzung, welcher dabei vorgeht, als das Urſächliche anzuſehen, da wenigſtens die äußere Erſcheinung dieſes Proceſſes gerade in der Berührung mit den Drähten, nicht aber in der Mitte zwiſchen ihnen beobachtet wird.

Der von Bunſen erwähnte Umſtand, daß die Erwärmung der Flüſſigkeit am poſitiven Polardrahte ſtärker war, als am negativen (wenigſtens zu Anfange), iſt auch von Andern wahrgenommen worden **. Ja Murray *** fand, indem er die Erwärmung der Flüſſigkeit in den verſchiedenen Zellen eines kräftig wirkenden Trogapparats verglich, daß die Erwärmung in den mittlern Zellen am ſtärkſten war und von da nach beiden Seiten abnahm; daß aber dieſe Abnahme in den Zellen nach dem poſitiven Pole zu geringer war, als in denen, welche nach dem negativen zu lagen.

Auch hierbei möchten jedoch die Umſtände zu berückſichtigen ſeyn,

---

* Schweigg. J. V. 467.

** Vergl. Oerſted in Schweigg. J. V. 467.

*** Bull. univ. des sc. math. etc. VI. 283, ausgez. aus Edinb. phil. Journ. XIV. 57.

welche in Bezug zu den ganz analogen, an den metallischen Leitern gefundenen, Resultaten (S. 312) erinnert worden sind.

Nach Buntzen erfolgte in der mit einer bessern Leitungsflüssigkeit gefüllten Röhre eine stärkere Wärmeentbindung, als in der mit einer schlechtern angefüllten. Dieses Resultat ist jedoch nicht allgemein, und es kommt wahrscheinlich dabei auf das Verhältniß dieser Flüssigkeit zu der Flüssigkeit zwischen den Elementen der Säule und andere den Gesammtleitungswiderstand betreffende Umstände an. In der That beobachtete Oersted bei Anwendung einer mäßig kräftigen Säule von 100 Plattenpaaren gerade das entgegengesetzte Resultat; und folgende Beobachtungen von de la Rive sprechen ebenfalls dafür, daß, gleich wie bei den festen Leitern, so auch ein vermehrter Leitungswiderstand in den flüssigen die Wärmeerzeugung vielmehr begünstige.

Wenn man die Flüssigkeit durch thierische Blase in mehrere Zellen theilt, und sie dann in den Kreis der Volta'schen Kette bringt, so sieht man, daß sie sich mehr erhitzt, als wenn sie ein bloßes Continuum bildet. Leitet man einen und denselben Strom successiv durch eine Flüssigkeit, die in einem Glasrohr von gewisser Weite und Länge enthalten ist und durch einen mit derselben Flüssigkeit benetzten Baumwollendocht von gleicher Länge und Dicke mit dem Rohr, so bleibt die Temperatur bei der in dem Rohre enthaltenen Flüssigkeit unverändert, während sie bei der in dem Dochte befindlichen Flüssigkeit beträchtlich steigt. Noch vorzüglicher läßt sich anstatt eines Baumwollendochts zu diesem Versuche der Stengel einer fetten, etwas saftreichen Pflanze anwenden, welcher sich als ein, durch eine Menge kleiner Zellen geschiedener, feuchter Leiter ansehen läßt. Die Wärme, welche er entwickelt, wenn man ihn in den Kreis der Säule bringt, ist so beträchtlich, daß in den beiden Endstücken, in der Nähe der eingesteckten Platindrähte, die mit den Polen der Säule in Verbindung stehen, das Wasser ins Sieden geräth.

Was die Umstände anlangt, von denen die Größe der Hitzewirkungen in der Kette abhängt, so sind bis jetzt noch zu wenig vergleichbare Erfahrungen vorhanden, um nach ihnen diese Umstände allgemein festzusetzen. Nehmen wir jedoch die im 16ten Capitel auseinandergesetzten allgemeinen Gesetze der Kette zu Hülfe, so lassen sich die Bestimmungen hierüber mit voller Schärfe im Voraus geben. Es wird daher von Nutzen seyn, für künftige Versuche die Umstände, welche hiebei nach der Theorie und den bisherigen Erfahrungen in Betracht kommen, etwas näher zu erörtern *.

---

* Diese Erörterungen sind nach Ohm's Bemerkungen unter der Voraussetzung geführt, daß die Kraft des Erglühens wirklich eine von der strömenden Kl. abhängige Erscheinung sey. Experimental scheint mir dieses allerdings noch nicht hinreichend bewiesen. Denn man könnte z. B. umgekehrt annehmen, daß sie nicht

Die einfachste Annahme, die wir machen können, ist zuvörderst, daß die Kraft, mit welcher ein Draht oder sonstiger Theil der Kette ins Glühen versetzt zu werden strebt, der Intensität des ihn durchlaufenden Stroms proportional sey; da jedoch Drähte von verschiedener Materie bei gleicher Intensität des Stroms in ihnen doch verschieden leicht ins Glühen kommen, so müssen wir noch überdies annehmen, daß diese Kraft zugleich von der Materie der Drähte abhängt, und zwar, wie es nach den Erfahrungen scheint, ihrem Leitungsvermögen umgekehrt proportional ist.

Dies sind die beiden Grundbestimmungen, an welche sich alle andern knüpfen lassen. Es erhellt hieraus zuvörderst, daß sowohl die Dünne der Drähte, als ihr schlechtes Leitungsvermögen einen entgegengesetzten, zum Theil begünstigenden, zum Theil hinderlichen, Einfluß in der Kette äußern. In der That wird eine Dünne der schließenden Drähte dadurch vortheilhafter für das Erglühen derselben werden, weil sich bei ihrem dünnen Querschnitt der Strom mehr in ihnen concentrirt, mithin eine verhältnißmäßig größere Intensität in ihnen erlangt; andrerseits aber wird die größere Dünne der Drähte die Gesammtkraft des Stroms vermöge ihres größern Leitungswiderstandes schwächen, und die Concentration des Stroms wird daher nur einen schwächern Strom betreffen können. Die Theorie zeigt jedoch, daß ersterer, nämlich der begünstigende Einfluß der Drahtdünne, immer die Oberhand behalten würde*, wenn nicht noch ein Nebenumstand hinzuträte, welcher das Erglühen dünner Drähte beeinträchtigt, und der darin liegt, daß ihnen die Luft verhältnißmäßig mehr Wärme entziehen kann, als dicken Drähten, bei denen die innern Theile von der Berührung mit der Luft entfernter liegen, so

---

mehr von der, durch den Widerstand der Leiter für die Strömung verloren gehenden Cl. abhienge. — Ich erinnere dies besonders deshalb, weil die Art, wie die Kraft des Erglühens mit der erregenden Oberfläche nach den meisten Beobachtern (vergl. S. 317) zunimmt, so gar sehr von den Aussagen der Theorie nach obiger Darstellung abweicht, daß man kaum glauben sollte, es könne eine auf mangelnder Vergleichbarkeit beruhende Ungenauigkeit der Versuche hieran Schuld seyn. Die obige Darstellung soll daher bis jetzt nur als Aufforderung zu neuen Versuchen gelten, nicht dieselben überflüssig machen.

* In der That concentrirt sich der Strom genau in Verhältniß der Dünne des Drahts, die Gesammtstärke des Stroms nimmt aber im Allgemeinen in einem kleinern Verhältniß ab als die Drahtdicke, weil sie nicht durch den Widerstand des Drahts allein, sondern auch der übrigen Theile der Kette bestimmt wird. In Fällen jedoch, wo die erregende Oberfläche sehr groß und die Leitungsfähigkeit sehr stark ist, kann dieser Widerstand der übrigen Theile gegen den Widerstand des Drahts merklich verschwinden, und dann wird eine vermehrte Dünne des Drahts nichts Merkliches mehr zur Verstärkung des Glühens beitragen können, weil dann die Gesammtkraft des Stroms in der That merklich in demselben Verhältnisse durch die zunehmende Drahtdünne geschwächt wird, als der Strom sich vermöge derselben concentrirt. In solchen Fällen würde ein dünnerer Draht nur dieselbe Kraft des Erglühens erfahren, als ein dickeres, wenn nicht die größere Erkaltung des erstern durch die Luft dann den Vortheil auf Seiten des letzteren wenkte.

daß in gewiſſen Fällen, namentlich bei ſehr ſtarker Leitungsflüſſigkeit und ſehr großer erregender Oberfläche ſogar der dickere Draht eine ſtärkere Glühwirkung erfahren kann, als der dünnere. In der That führt Singer in ſeiner Elektricitätslehre (S. 255) als Erfahrungsſatz an: „Man hat neulich bemerkt, daß, wenn man irgend zwei Drähte von verſchiedener Stärke nimmt, von denen jeder durch eine gewiſſe Batterie glühend werden kann, von dem ſtärkſten ein längeres Stück glühend wird, als von dem ſchwächern“ *. Dieſer Erfahrungsſatz iſt jedoch jedenfalls nur auf die angegebenen Umſtände zu beſchränken.

Aus dem Einfluß der größern Intenſität, die der Strom durch Concentration erlangt, auf die Kraft des Erglühens erklärt ſich u. a. auch die außerordentliche Leichtigkeit, mit welcher dünne Metallblätter oder Drahtſpitzen, wenn man mit ihnen an einem Pole ſchließt, verbrennen.

Eben ſo erhellt der entgegengeſetzte Einfluß, den das von Materie und Temperatur abhängige Leitungsvermögen eines in die Kette gebrachten Theils auf ſeine Fähigkeit ins Glühen geſetzt zu werden, äußern muß. Es wirkt begünſtigend dadurch, daß die Geſammtkraft der Kette, vermöge Verminderung des Geſammtleitungswiderſtandes, erhöht wird, hinderlich inſofern, als das lokale Vermögen der Körper, ins Glühen durch den Strom verſetzt zu werden, mit ihrem Leitungsvermögen abnimmt.

Unter Vorausſetzung, daß letztere Abnahme im einfachen Verhältniß des Leitungsvermögens erfolgte, welche jedoch bis jetzt noch nicht erwieſen iſt, würde ſtets der ſchwächende Einfluß des Leitungsvermögens das Uebergewicht behalten; was ſich in der That bei allen Metallen zu beſtätigen ſcheint, ſchwerlich jedoch bei Körpern von hohem Leitungswiderſtande.

Aus der Betrachtung dieſer Umſtände und den im 16ten Capitel erörterten allgemeinen Geſetzen ergiebt ſich nun zugleich der Unterſchied der Fälle, in welchen es vortheilhafter ſeyn wird, ſtatt großplattiger Apparate vielmehr vielplattige anzuwenden, oder umgekehrt. Je dicker und kürzer die Drähte ſind und je beſſer ihr eigenthümliches Leitungsvermögen iſt, um ſo mehr werden großplattige Apparate mit ſtarker Leitungsflüſſigkeit anzuwenden ſeyn; je dünner und länger die Drähte ſind, und je ſchlechter ſie leiten, um ſo mehr werden vielplattige Apparate nützen; und unſtreitig dieſelben Grundſätze werden in Anwendung gezogen werden müſſen, wenn man andere als metalliſche Körper ins Glühen verſetzen will.

Die Drahtlängen von einerlei Metall und Dicke, die durch eine Kette auf denſelben Grad des Glühens gebracht werden können, ſtehen der Theorie zufolge in demſelben Verhältniß als die Anzahl

* Vergl. auch über den erkältenden Einfluß der Luft Wollaston in Gilb. LIV. 8.

der Plattenpaare, aus denen die Kette zuſammengeſetzt wird, vorausgeſetzt, daß alle Plattenpaare ſich unter einander gleich verhalten. Die Verſuche von Singer * haben dieſe Folgerung beſtätigt; und wiewohl einige andere ** hievon abweichende Verhältniſſe gefunden haben, ſo läßt ſich doch dieſes vermuthlich auf eine mangelnde Vergleichbarkeit ihrer Reſultate ſchreiben.

Die Theorie führt ferner zu dem Ergebniſſe, daß die Unterſchiede der Drahtlängen, welche durch Ketten von der 1fachen, 2fachen, 3fachen, 4fachen u. ſ. w. erregenden Oberfläche *** in denſelben Grad des Glühens gebracht werden können, von einer Kette zur andern immer um die Hälfte kleiner werden; ſo daß, wenn man z. B. fände, daß eine Kette von der einfachen erregenden Oberfläche eine Drahtlänge von 2 Fuß in ein eben ſichtbares Glühen verſetzte, und eine Kette von der doppelten Oberfläche eine Länge gleichen Drahts von 3 Fuß, ſo würde eine Kette von der dreifachen Oberfläche dies eine Länge von 3½ Fuß, eine Kette von der vierfachen Oberfläche eine Länge von 3¾ Fuß in ſolches Glühen verſetzen.

Geſtehen muß man, daß die Erfahrung für die hier angegebene Folgerung der Theorie bis jetzt keine ſehr günſtigen Belege gegeben hat; indeß iſt möglich, dies rühre daher, daß man die zu einer hinreichenden Vergleichbarkeit der Verſuche erfoderlichen Vorſichtsmaßregeln früher nicht gehörig kannte, daher eine Wiederholung derſelben zu wünſchen iſt; um ſo mehr, da ſich die Angaben der einzelnen Beobachter ſelbſt auf das directeſte widerſprechen.

So ſchmolz nach Van Marum † eine 10 Zoll breite Säule von 20 Plattenpaaren 5 Zoll Draht, während eine 5 Zoll breite Säule von eben ſo vielen Paaren 4 Zoll ſchmolz.

Nach einer Angabe von Cuthbreſon ſoll die zu ſchmelzende Drahtlänge in directem, nach einer andern im quadratiſchen Verhältniß der Anzahl Säulen, die mit ihren gleichnamigen Polen verbunden werden, wachſen ††. Nach Wilkinſon ††† ſoll die zu verbrennende Drahtlänge ſogar im kubiſchen Verhältniſſe der Oberfläche zunehmen.

Die Umſtände der vorigen Erörterungen laſſen ſich leichter durch Hülfe einiger Formeln überſehen, die ich hier zuſatzweiſe beifügen will.

Die Kraft, mit welcher ein in der Kette befindlicher Theil zu erglühen ſtrebt, iſt nach Obigem der Intenſität des ihn durch-

---

* Gilb. XLIV. 279.

** Vergl. Gehlers Wört. IV. 975.

*** Verſteht ſich, alle übrigen Umſtände dieſer Kette, als Zahl der Plattenpaare, Beſchaffenheit der Leitungsfluſſigkeit u. ſ. w. als gleich vorausgeſetzt.

† Gilb. X. 159.

†† Vergl. Gilb. XXIII. 263. 265.

††† Gilb. XIX. 65.

laufenden Stroms direct, und ſeinem von der Materie und Temperatur abhängigen Leitungsvermögen, (wie es wenigſtens ſcheint) umgekehrt proportional. Nennen wir mithin die Intenſität des Stroms in dem ins Glühen zu verſetzenden Theil J, ſein von der Materie abhängiges Leitungsvermögen k, die Kraft, mit der er zu erglühen ſtrebt G, ſo iſt

$$G = \frac{J}{x}$$

Nun iſt $J = \frac{A}{L\omega}$, die Buchſtaben A und L wie auf S. 190 verſtanden, und mit ω den Querſchnitt des zu erglühenden Theils bezeichnet.

Weiter entwickelt wird dieſe Formel:

$$J = \frac{A}{(L' + \mathcal{A})\omega}$$

wenn wir den Geſammtleitungswiderſtand L in den Leitungswiderſtand L' aller Theile der Kette mit Ausnahme des zu erglühenden Theils und den Widerſtand $\mathcal{A}$ dieſes Theils ſelbſt zerfällen.

Noch weiter entwickelt:

$$J = \frac{A}{\left(L' + \frac{l}{x\omega}\right)\omega}$$

wenn l die Länge des zu erglühenden Theils, x und ω wie vorhin reſpectiv ſein von Materie abhängiges Leitungsvermögen und ſein Querſchnitt iſt.

Mithin, da $G = \frac{J}{x}$, ſo wird man, wenn J nach der letzten Entwickelung ausgedrückt wird, folgende Ausdrücke für G erhalten:

$$G = \frac{A}{\left(L' + \frac{l}{x\omega}\right)\omega x} = \frac{A}{(L'x\omega + l)}$$

oder wäre die Kraft, mit der ein Theil ins Glühen kommt, nicht dem Leitungsvermögen deſſelben x genau, ſondern nur einer Function χ deſſelben proportional, was wir für jetzt noch nicht zu entſcheiden wiſſen, ſo würde die Formel werden:

$$G = \frac{A}{\left(L\omega + \frac{l}{x}\right)\chi}$$

Zu bemerken iſt, daß auf die Größe k die Temperatur, auf welche der ins Glühen zu verſetzende Theil ſteigt, ſelbſt von Einfluß iſt, und zwar, wie Ohm angiebt (Kaſtn. Arch. XVI. 10), von ausnehmend bedeutendem Einfluß; ohne daß man doch dieſen bis jetzt zu meſſen vermocht hat.

Aus den angegebenen Formeln kann man die meiſten Umſtände, welche hinſichtlich der Kraft des Erglühens der Körper durch die Kette in Betracht kommen, herleiten. Hinſichtlich des Speciellen dieſer Herleitung verweiſe ich auf Ohm's Abhandlung.

Siebenundzwanzigſtes Capitel.

Elektrochemiſche Theorie *.

Man hatte früher höchſtens unbeſtimmt vermuthet, daß bei den chemiſchen Erſcheinungen, welche die Natur oder Kunſt hervorbringt, wohl das Spiel elektriſcher Kräfte thätig ſeyn möchte **. Erſt aber, als die Erſcheinung der Waſſerzerſetzung durch den Volta'ſchen Apparat bekannt wurde, ging man näher auf die Vorſtellungen hierüber ein, und namentlich waren es Berzelius und Davy, welche dieſelbe ausbildeten und eine Theorie ſchufen, nach der die chemiſchen Erſcheinungen überhaupt blos von elektriſchen Kräften abhängen. In der That dringt ſich eine ſolche Abhängigkeit, wenn man die Geſammtheit der Erfahrungsbeziehungen, welche zwiſchen den chemiſchen und elektriſchen Erſcheinungen Statt findet, combinirt, von ſelbſt auf; anſtatt jedoch dieſe Beziehungen hier zuſammenzuſtellen, werden wir vielmehr die Grundvorſtellungen, auf die ſie hinführen, zuerſt angeben, und es dem Leſer überlaſſen, ihre Zuläſſigkeit oder Unzuläſſigkeit bei der Anwendung auf die einzelnen Erſcheinungen ſelbſt zu prüfen. Wir bemerken ſelbſt, daß wir dieſen Grundvorſtellungen, da ſie in ein Gebiet fallen, welches keine unmittelbaren Bewährungen durch Thatſachen zuläßt, keinen andern Werth beilegen, als in ſofern ſie zu einer, mit der Erfahrung übereinſtimmenden, Verknüpfung der Thatſachen dienen können, und keine andere Gültigkeit, als die relative, die ihre Uebereinſtimmung mit dem jetzigen Standpunct der Wiſſenſchaft mit ſich bringt; denn es iſt ſehr möglich, daß man, anſtatt die Kräfte der Chemie auf die

* Da ich ſehr wohl weiß, daß jeder, der ſich ſchon gewiſſe Grundanſichten über die hier vorkommenden Gegenſtände zu eigen gemacht hat, dieſe ſchwer mit irgend einer andern Anſicht vertauſchen möchte, und meine geringe Autorität am wenigſten jemand hierzu veranlaſſen dürfte, ſo werde ich die Thatſachen der folgenden Capitel ſo unabhängig als möglich von den hier vorkommenden Erörterungen darzuſtellen ſuchen, ſo daß ſie jeder auch mit ſeinen eigenen Anſichten leicht wird in Beziehung ſetzen können. Jeder, der mit dem Schwankenden der Phyſik in dieſem Bezirke vertraut iſt, wird mir gern zugeben, daß es, welche Grundanſicht man auch wählen mag, nicht möglich ſeyn wird, alle Phyſiker hierbei zufriedenzuſtellen; indeß mußte eine ſolche Anſicht vorausgeſchickt werden, wenn überhaupt eine Verknüpfung der chemiſchen mit den elektriſchen Erſcheinungen verſucht werden ſollte.

** Vergl. über das Geſchichtliche der Elektrochemie Schweigger in f. J. LII. 34.

der El., oder wie einige gethan haben, umgekehrt, zurückzuführen, ſpäter die Erſcheinungen beider Gebiete einmal aus viel allgemeinern Kräften ableiten wird *.

Die Erfahrung hat uns nachgewieſen, daß zwei ungleichartige Körper, z. B. Kupfer und Zink, wenn ſie in ſolche Nähe kommen, welche für unſre Sinne wirkliche Berührung ſcheint **, entgegengeſetzt elektriſch werden.

Die Vorſtellung, die wir über den Vorgang bei dieſer Erſcheinung zu Grunde legten, war die, daß hiebei von den neutraliſirten Elektricitäten des Kupfers ein Antheil poſitiver El. auf das Zink, von der des Zinks ein Antheil negativer El. auf das Kupfer übergehe und ſo den reſpectiven Ueberſchuß dieſer Elektricitäten auf den Metallen bewirke. Dieſe Vorſtellung reichte zu einer einfachen und conſequenten Ableitung aller nachfolgenden Erſcheinungen im Gebiet der galvaniſchen Kette hin, ja ſie geſtattete, dieſe Ableitung auf die einfachſte und anſchaulichſte Weiſe zu conſtruiren.

Es iſt indeß dies nicht die einzige Art, ſich dieſen Hergang vorzuſtellen, denn zu gleichen Folgerungen als jene Annahme würde die führen: daß ein Theil der (in den natürlichen Elektricitäten enthaltenen) poſitiven Elektricität des Kupfers und ein Theil der negativen des Zinks ſich vermöge der unbekannten, durch die Berührungsnähe entwickelten, elektromotoriſchen Kraft im Uebergange zwiſchen beiden Platten neutraliſiren, und ſo die Platten reſpectiv mit den ihnen entgegengeſetzten Elektricitäten geladen zurücklaſſen.

Ob die erſtre oder die letztre der angeführten Vorſtellungen mehr in der Wirklichkeit begründet ſey, läßt ſich nicht unmittelbar entſcheiden, da in der That nach beiden derſelbe Erfolg hinſichtlich aller

---

* Die Frage, die ſo oft Gegenſtand ſtreitiger Erörterungen geweſen iſt, ob die chemiſchen Erſcheinungen von der Elektricität oder die elektriſchen umgekehrt vom Chemismus abhängen, ſcheint mir, genau genommen, keinen andern Sinn zu haben, als, ob die elektriſchen Erſcheinungen die einfachern ſind, aus welchen die chemiſchen als zuſammengeſetzte abgeleitet werden können oder umgekehrt. Nun iſt es bis jetzt noch niemand geglückt, von den Erſcheinungen der Chemie aus alle Erſcheinungen der Elektricität zu erklären, während es ſehr wohl möglich iſt, von den Geſetzen der einfachen el. Anziehungen und Abſtoßungen aus die Erſcheinungen der Chemie zu erklären, oder eine Erklärbarkeit derſelben vorauszuſehen. Daß mehrere Erſcheinungen der galvaniſchen El., namentlich alle Strömungswirkungen, mit Erſcheinungen, die wir chemiſche nennen, weſentlich zuſammenhängen, iſt keineswegs Grund, letztere für die einfachen Grundbedingungen von jenen anzuſehen, wie von vielen geſchehen iſt.

** In Th. I. S. 399 und die Gründe angegeben worden, welche es nöthig machen, zwiſchen den Theilchen jedes Körpers noch Statt findende Entfernungen anzunehmen. Unſtreitig aber ſind die Theilchen an den Berührungsoberflächen zweier Körper wenigſtens eben ſo weit entfernt, als die Theilchen jedes Körpers unter einander. Statt von eigentlicher Berührung, iſt es daher wohl beſſer, von Berührungsnähe zu ſprechen.

elektroskopischen Erscheinungen, die in unmittelbarer Abhängigkeit davon gedacht werden müssen, resultiren muß; indeß scheint doch die letzte viel mehr geeignet, die Beziehungen zwischen den chemischen und elektrischen Erscheinungen daran zu knüpfen, als die erste, daher wir diese hinfort verlassen werden, um uns in Bezug auf diese Verknüpfung allein an die letzte zu halten. Hiedurch wird keins der Resultate aufgehoben werden, die wir früher in Verbindung mit der andern Ansicht gesetzt haben, sondern man wird, wenn man will, alle Erklärungen nach der ersten Vorstellung, wenn auch mit einiger Umständlichkeit, in eine Erklärung nach der letzten übertragen können *.

In Bezug auf diese letzte Vorstellung nun wird sich das Allgemeine der chemischen Erscheinungen sehr wohl auf folgende Weise repräsentiren lassen.

Jedes integrirende Theilchen (zusammengesetzte Atom) eines zusammengesetzten Körpers, z. B. ein Wassertheilchen, ist nicht anders, als wie ein galvanisches Plattenpaar anzusehen. Ein Sauerstoff- und Wasserstofftheilchen, (wenn wir jedes Wassertheilchen aus je einem Theilchen beider Stoffe zusammengesetzt annehmen wollen) indem sie in die Berührungsnähe kommen, werden vermöge des erwähnten unerklärlichen Einflusses dieser Nähe entgegengesetzt elektrisch, indem ein Theil der negativen El. des Wasserstofftheilchens und ein Theil der positiven El. des Sauerstofftheilchens sich zwischen beiden

* Ich gestehe, daß ich, wenn überhaupt von einem Vorzug solcher blos Behufs der Verknüpfung der Thatsachen zu Grunde gelegten Vorstellungen, die durch allgemeinere Grundansichten einmal sämmtlich aufgehoben werden können, die Rede seyn kann; der letzten, von nun an zu befolgenden, Vorstellung an sich den Vorzug vor der ersten geben möchte. In der That begreift man nicht, warum sich nicht die entgegengesetzten Elektricitäten bei ihrem gleichzeitigen Uebergange von einer Platte zur andern unterwegs wechselseitig neutralisiren sollten; und die Erklärung des bei chemischen Verbindungen entstehenden Lichts würde nach erster Vorstellung wenig der Analogie angemessen erscheinen.

Es würde dagegen sehr viel Umständlichkeit in der Darstellung verursacht haben, wenn ich die letzte Vorstellung bei den frühern Erscheinungen hätte zu Grunde legen wollen. Eben weil die Fortpflanzungs- und Verbreitungsweise der El., welche bei diesen Erscheinungen hauptsächlich in Betracht kommt, sich nach derselben durch keine so unmittelbare und bezeichnende Ausdrücke darstellen läßt. Eben so ist es bei den Erscheinungen der gewöhnlichen El. viel einfacher, sich die Mittheilung der El. zwischen einem mit pos. El. geladenen und einem ungeladenen Conductor durch einen Funken so vorzustellen, daß die positive El. unmittelbar von jenem auf diesen überspringe, und sich dann weiter über ihn verbreite, als anzunehmen, daß der positiven El. des geladenen Conductors negative El. vom ungeladenen entgegenkomme, und daß sich beide in der Mitte neutralisiren und der vorher ungeladene Conductor nun mit der rückgebliebenen positiven El. geladen bleibe. Letzteres ist nach der dualistischen Theorie der wahre Hergang bei der Mittheilung, dessenungeachtet finden man es in der Regel einfacher, sich in dem Ausdrucke der andern Vorstellung, als einer brauchbaren Fiction, die zu denselben Resultaten führt, anzuschließen. Dies zur Entschuldigung eines Mangels an Consequenz, den man wohl kann nicht ohne Fug der Anwendung einer doppelten Ansicht verwerfen könnte.

Theilchen neutraliſiren, und dieſe Neutraliſation der Elektricitäten giebt ſich gerade ſo als Licht und Wärme zu erkennen, wie wenn entgegengeſetzte Elektricitäten von zwei Kugeln zu einander überſpringen.

Hienach iſt das Licht, welches ſich bei chemiſchen Verbindungen, z. B. der Verbrennung, oder der Verbindung des Schwefels oder Chlors mit Metallen entwickelt, vom elektriſchen in nichts weſentlich verſchieden, nur daß das gewöhnliche elektriſche Licht zwiſchen den Oberflächen zweier ganzen Körper oder Atomenſyſteme, das chemiſche zwiſchen den Oberflächen der kleinſten Theilchen oder Atome ſelbſt überſpringt, ſo daß die ganze Maſſe derſelben zu glühen ſcheint.

Da nun der Einfluß der Berührungsnähe, welcher die entgegengeſetzte Elektriſirung beider Theilchen hervorgerufen hat, auch beide entgegengeſetzt elektriſch erhält, gerade wie dies bei zwei in der Berührungsnähe befindlichen heterogenen Platten der Fall, ſo werden ſich dieſe Theilchen als entgegengeſetzt elektriſirt beſtändig durch Anziehung in dieſer Berührungsnähe erhalten, ja würden unſtreitig zur völligen wahren Berührung kommen, wenn nicht irgend ein anderer Einfluß, den wir vollen Grund haben, in der eigenthümlichen Wärme der Körper zu ſuchen, ſie doch in einer gewiſſen Entfernung von einander erhielte, und zwar in derjenigen, wo er mit der Anziehungskraft, die durch die ungleichartigen Elektricitäten entwickelt iſt, ins Gleichgewicht kommt *.

Es leuchtet ein, wie nach der hier von uns aufgeſtellten Vorſtellungsweiſe ein zuſammengeſetzter Körper neutral erſcheinen kann, wenn er gleich aus einer unendlichen Menge entgegengeſetzt elektriſirter Theilchen zuſammengeſetzt gedacht werden muß. In der That, welchen Punct des Körpers wir auch berühren mögen, ſo werden wir doch wegen der gleichen Austheilung dieſer entgegengeſetzt elektriſirten Theilchen durch den ganzen Körper ſtets verhältnißmäßig eben ſo viel poſitive als negative Theilchen berühren, mithin den Erfolg der Berührung eines neutralen Körpers erhalten müſſen; und die einzelnen Theilchen ſelbſt werden durch dieſe Berührung nicht null elektriſch werden können, weil der fortdauernde Einfluß ihrer Berührungsnähe die Elektricitäten, ſo wie ſie entzogen werden, ſofort wieder entwickeln muß.

Man kann als einen Umſtand, welcher der Anſicht, daß die zuſammengeſetzten Körper aus einer Combination entgegengeſetzt elek-

---

* Da wir durch Neutraliſation der Elektricitäten ſtets Wärme entſtehen ſehen, ſo dringt ſich ſehr leicht die Vermuthung auf, daß umgekehrt der unerſchöpfliche Quell der ſogenannten natürlichen Elektricitäten in den Körpern nichts anders als ihre, größtentheils gebundene vorhandene, Wärme ſeyn, oder natürliche El. und eigenthümliche Wärme der Körper zuſammenfallen möchte. Wir halten es indeß für zweckmäßig, von ſolchen hypothetiſchen Vorſtellungen, die ſelbſt nur durch Anknüpfung an andere dergleichen Vorſtellungen ſich ergeben, keinen Gebrauch zu machen.

triſcher Theilchen beſtehen, den anführen, daß wirklich unter Umſtänden, wo die Theilchen ſo von einander getrennt werden, daß keine Neutraliſation ihrer Elektricitäten durch andere Körper dabei Statt finden kann, dieſelben in entgegengeſetzt elektriſchen Zuſtänden hervortreten. In der That haben wir geſehen, daß Waſſer, wenn es durch die Wärme von Salztheilchen, Säuretheilchen oder Alkalitheilchen losgeriſſen wird, eine freie aber nach Beſchaffenheit der Materie, die es in der Auflöſung enthielt, verſchiedene El. zu erkennen giebt, keine aber, wenn es rein iſt und von Körpern verdampft, auf die es nicht chemiſch einzuwirken vermag *.

Ein andrer Umſtand, der dieſer Anſicht ſehr günſtig iſt, iſt der, daß Stoffe, wenn ſie ſo eben aus ihrer Verbindung mit andern Stoffen hervortreten, ſich in ihrer Verwandtſchaftsſtärke ſehr erhöht zeigen, ſo daß ſie in dieſem Momente Verbindungen eingehen können, die ſie unter den gewöhnlichen Umſtänden nicht zu bewirken fähig ſind. Die Theilchen müſſen ſich ſomit bei dem Hervortreten aus einer Verbindung in einem eigenthümlichen Zuſtande befinden, der ihre Verbindungsfähigkeit mit andern Körpern erhöht; und wir werden ſpäter ſehen, daß ein elektriſcher Zuſtand der Körper ganz dieſen Erfolg hervorzubringen vermag.

Wir wollen von den vielen Belegen, welche die Chemie zu dieſem Umſtande darbietet, nur einen anführen, der erſt neuerdings feſtgeſtellt worden iſt.

Man bemerkt, daß ſtets, wenn Eiſen oder Zink ſich auf Koſten des Waſſers in Berührung mit atm. Luft oxydiren **, vermöge

---

* Dem erſten Anblick nach ſcheint eine andre Erfahrung in Widerſpruch mit der hier aufgeſtellten elektrochemiſchen Anſicht zu ſtehen. Ich habe mich überzeugt, daß Waſſerſtoffgas und kohlenſaures Gas, wenn ſie durch Einwirkung von Säuren auf Metall oder kohlenſauren Kalk entwickelt werden, keine merklichen Zeichen freier El. am Condenſator zu erkennen geben; deſſenungeachtet nehmen wir an, daß ſie in Berührung mit den Subſtanzen, von denen ſie losgeriſſen werden, eigenthümliche Elektricitäten beſitzen. Wenn wir indeß bedenken, daß z. B. bei einem in verdünnter Salzſäure befindlichen Metall die Waſſerſtoffblaſen ſich durchaus nur von dem Metall ſelbſt aus entwickeln, ſo werden wir es begreiflich finden können, daß jedes Waſſerſtofftheilchen in dem Maße, als es ſich entbindet, ſeine poſitive El. an das Metalltheilchen, das nun anſtatt ſeiner in Verbindung mit der Säure tritt, abtritt, ſo daß hier nur ein Uebergang der El. von einem Körper auf den andern Statt findet, aber kein Freiwerden derſelben beobachtet werden kann. Beim bloßen Verdampfen kann kein ſolcher Austauſch Statt finden, und hier ſehen wir denn auch die Elektricitäten hervortreten.

** Luftfreies Waſſer ſcheint nach Verſuchen von Hall (Pogg. Ann. XIV. 145) durch Eiſen nicht anders in gewöhnlicher Temp. zerſetzt werden zu können, als unter Mitwirkung von Kohlenſäure, welche gewöhnlich im Waſſer enthalten iſt. Zu unterſuchen bliebe aber noch, ob nicht in lufthaltigem Waſſer, wo ſich das Eiſen und Zink hauptſächlich auf Koſten des Sauerſtoffs der Luft oxydiren, auch hiedurch eine Dispoſition derſelben bedingt würde, zugleich das Waſſer auch ohnedem zu zerſetzen; was nach der Analogie mit einigen andern Thatſachen nicht unwahrſcheinlich und elektrochemiſch ſehr wohl durch die größere Poſitivität, die das Metall in Berührung mit dem Sauerſtoff annimmt, erklärlich ſeyn würde.

Verbindung des hiebei entwickelten Waſſerſtoffgaſes mit dem Stickſtoff der Luft Ammoniack erzeugt wird, welches ſich dem Eiſenoxyd beimengt; und es ſcheint ſelbſt hierauf zu beruhen, daß die natürlichen Eiſenoxyde bei Erhitzung immer etwas Ammoniack liefern. Dagegen verbinden ſich Stickſtoff und Waſſerſtoff nicht, wenn man ſie in Gaszuſtande unter einander mengt. Es geſchieht jene Ammoniackbildung ſowohl, wenn man ganz reine Eiſendrehſpäne oder Zink in einer Flaſche mit deſtillirtem Waſſer und Luft, die man zuvor gewaſchen (mit Waſſer geſchüttelt hat) hat, in einer Flaſche durch Queckſilber ſperrt *, wo reagirende mit eingeſchloſſene Papiere die Alkalibildung anzeigen, als wenn man Eiſen, Zink oder Zinn in Berührung mit Kali-, Natron-, Kalk- oder Barythydrat erhitzt ** und im letztern Falle ſcheint die Gegenwart einer nur ausnehmend geringen Menge Stickſtoff *** hinreichend, eine deutliche Ammoniackbildung zu veranlaſſen.

In dem Anhange, welcher von den Zerſetzungen durch die Volta'ſche Säule handelt, werden wir noch oft Gelegenheit haben, ähnliche Fälle, als die hier erzählten, wahrzunehmen.

Was jedoch am meiſten die angeführte Darſtellungsweiſe begünſtigt, iſt die einfache Erklärungsweiſe, die ſich hienach nicht nur für die eigentlichen chemiſchen Verbindungen und Zerſetzungen, ſondern auch für die Zerſetzungen und Ueberführungen durch die Volta'ſche Säule ergiebt. Von letzteren werden wir erſt ſpäter handeln; es mag daher hier genügen, die Anwendbarkeit jener Vorſtellung auf erſtere durch einige allgemeine Beiſpiele zu zeigen.

Geſetzt ein Metalltheilchen A komme bei einer gewiſſen Temp. mit einem Sauerſtofftheilchen a in Berührungsnähe, ſo wird erſtres poſitiv, letzteres negativ elektriſch werden; die entgegengeſetzt elektriſchen Theilchen werden ſich, wenn die übrigen Umſtände günſtig ſind, anziehen und in der Entfernung feſt halten, wo dieſe Anziehung mit der Abſtoßung, die die ihnen zukommende Quantität freier und gebundener Wärme einzupflanzen ſtrebt, ins Gleichgewicht kommt.

---

* Pogg. Ann. XIV. 148. — J. de Ch. méd. 1827. nov. 519.

** In dieſem Falle wird das Hydratwaſſer des Alkali's durch das Metall zerſetzt, wie aus directen Verſuchen von Gay-Luſſac und Thénard (Rech. phys. chim. II. 107.) hervorgeht. Es iſt merkwürdig, daß die Gegenwart des Alkali dieſe Zerſetzung ſehr zu begünſtigen ſcheint. — Man vergleiche über hieher gehörige Fälle von Ammoniackbildung Faraday in Schweigg. J. XLIV. 341. auch Kaſtn. Arch. V. 442. — Biſchof ebend. XLV. 204. — Woodhorſe in Gilb. XXXV. 471. — Davy ebend. XXXVII. 163. — Vauquelin in Ann. de Ch. et de Ph. XXIV. 99. — Chevallier in Pogg. Ann. XIV. 147. — Berzelius in ſ. Jahresber. VIII. 112. — Collard de Martigny J. de ch. méd. 1827. nov. 517. — Döbereiner in Schweigg. J. XLVII. 120. — Hollunder in Kaſtn. Arch. II. 465. XII. 322. 380. — Kaſtn. Arch. Bd. XII. 445.

*** Bei Faraday's Verſuchen ſchien ſogar aller Stickſtoff ausgeſchloſſen zu ſeyn; doch hat Biſchof gezeigt, daß dies nicht der Fall iſt.

Das zuſammengeſetzte Oxydtheilchen, was ſo entſteht, wird dem Ganzen nach betrachtet, neutral erſcheinen, aber doch aus zwei entgegengeſetzt elektriſirten Theilchen zuſammengeſetzt ſeyn.

Geſetzt jetzt, ein zweites Sauerſtofftheilchen b käme in die Berührungsnähe des Metalltheilchens, das ſich ſchon mit dem erſten a verbunden hat. Es wird vermöge des Einfluſſes dieſer Berührungsnähe ebenfalls entgegengeſetzt el. mit A werden; allein A wird die Geſammtheit von a und b nun nicht mehr mit derſelben Kraft anziehen oder feſthalten können, als vorher a allein, weil dieſer Anziehung jetzt die wechſelſeitige Abſtoßung der gleichartig elektriſirten Theilchen a und b entgegenwirkt, vermöge deren dieſe einander zu fliehen ſtreben. Ueberwiegt letztre Abſtoßung die Anziehung von A auf a und b, ſo wird b gar nicht in Verbindung mit A treten können; im Gegenfall aber wird die Summe von a und b doch mit ſchwächerer Kraft von A zurückgehalten werden, als vorher a allein.

In der That ſehen wir, daß die Verwandtſchaft jedes Körpers für einen andern in dem Maße abnimmt, als er ſich ſchon mit Antheilen deſſelben verbunden hat, daß manche Metalle blos Einer Oxydationsſtufe fähig ſind, und daß höhere Oxydationsſtufen eines Metalls ſtets einen Theil ihres Sauerſtoffs leichter verlieren, als niedere.

Die Verbindungen, mit denen man es in der Wirklichkeit zu thun hat, ſind nie einzelne Theilchen oder Atome, ſondern Maſſen derſelben. So kommen uns nie einzelne Oxydtheilchen, ſondern blos Maſſen oder Syſteme ſolcher Theilchen vor. In dieſen Syſtemen aber iſt außer der chemiſchen Verwandtſchaft der ungleichartigen Theilchen, die wir hier auf elektriſche Kräfte zurückzuführen ſuchen, noch eine Kraft thätig, welche die gleichartigen zuſammengeſetzten Theilchen vereinigt, und die wir Cohäſionskraft nennen.

Wir laſſen es dahin geſtellt ſeyn, worauf ſie beruht *, und nehmen das Statfinden derſelben hier als Thatſache an. Im tropfſ-

* Die Th. II. S. 332 erwähnten Erſcheinungen, zufolge deren die nach den Blätterdurchgängen geſpaltenen Kryſtalle an den Spaltflächen im Allg. entgegengeſetzte Elektricitäten zeigen, und der Umſtand, daß dem weſentlichen Gefüge nach alle feſte Körper ſcheinen als kryſtalliniſch angeſehen werden zu können (vergl. Th. I. S. 402) machen es ſehr denkbar, daß die Cohäſionskraft gleich der chemiſchen Verwandtſchaft, ſich auf elektriſche Kräfte würde zurückführen laſſen. Allein eben, weil man ſolche Zurückführungen faſt ſo weit treiben kann, als man will, iſt es nöthig, ſo vorſichtig als möglich damit zu ſeyn. Einige Erſcheinungen giebt es, welche auf elektrochemiſchem Wege ſich nicht anders deuten zu laſſen ſcheinen, als dadurch, daß der elektriſche Gegenſatz der Körper nicht allein von der Beſchaffenheit ihrer Materie, ſondern auch von der reſpectiven Anordnung oder der Art des Zuſammenhangs derſelben in ihnen abhänge: denn wir haben geſehen, daß Metalle durch Legirung mit Metallen, die poſitiver als ſie ſelbſt ſind, an Negativität gewinnen können, und umgekehrt. Die Entſtehung ſolcher Legirungen iſt aber wie es ſcheint immer mit bedeutenden Dichtigkeitsveränderungen begleitet. Da

baten Zuſtande kann ſie als gering, im gasförmigen als null, oder vielmehr als durch eine entgegengeſetzte Kraft überwogen angeſehen werden. Dieſe Cohäſionskraft müſſen wir im Folgenden berückſichtigen, da ſie einen Widerſtand gegen die chemiſchen Zerſetzungen abgiebt.

Geſetzt jetzt, eine Maſſe Oxyd werde mit einem einfachen Körper b zuſammengebracht, deſſen Elektropoſitivität größer iſt, als die des Radicals a des Oxyds, ſo wird im Allgemeinen eine Zerſetzung zu erfolgen ſtreben, indem der elektropoſitivere Körper b den Sauerſtoff, welcher der elektronegativſte Körper iſt, den wir kennen, dem Radical a zu entziehen ſucht, da er in ſtärkern elektriſchen Gegenſatz als a mit ihm tritt, und mithin auch eine ſtärkere Anziehung darauf äußert *, deſſenungeachtet erfolgt vielleicht keine Zerſetzung, wenn die Cohäſion des Oxyds ſo ſtark iſt, um von dem Ueberſchuß der Anziehung des b über a nicht überwogen werden zu können. Dann aber wird eine ſolche Zerſetzung erfolgen können, wenn man die Cohäſion des Oxyds auf irgend eine Weiſe mindert, ohne zugleich den elektriſchen Gegenſatz von a gegen den Sauerſtoff über den von b gegen den Sauerſtoff zu erhöhen, und dieß läßt ſich im Allgemeinen durch Erwärmung bewirken.

Ueberhaupt kann die Erwärmung je nach dem Maß der dabei in Betracht kommenden Umſtände, bald günſtig bald ungünſtig für chemiſche Verbindungen wirken; günſtig, indem ſie die Cohäſion vermindert, und vielleicht ſelbſt in gewiſſen Fällen, worüber es noch an genügenden Erfahrungen fehlt, den elektriſchen Gegenſatz der Körper vermöge einer eigenthümlichen Wirkung erhöht; ungünſtig, inſofern ſie die Theilchen über ſolche Weiten hinaus zu entfernen ſtrebt, wo ihre Anziehungen oder ihr elektromotoriſches Verhältniß auf einander noch wirkſam ſeyn können.

Es wird jedoch, um auf das Vorige zurückzukommen, nach den Grundſätzen der elektrochemiſchen Theorie, in Uebereinſtimmung mit der Erfahrung, ein Oxyd auch dann von einem Körper b zerſetzt werden können, wenn deſſen Elektropoſitivität geringer iſt, als die des Radicals a. Begreiflich nämlich werden zwei oder mehrere Theilchen des Körpers b, wenn ſie auf das Sauerſtofftheilchen des Oxyds aus gleicher Nähe wirken, als das eine Theilchen a des Radicals, deſſen

---

jedoch dieſer ganze Gegenſtand noch zu wenig erforſcht iſt, ſo habe ich in obiger, ohnehin nur das Allgemeinſte betreffenden, Darſtellung auf letztern Umſtand im Allg. nicht Rückſicht genommen, der in der Folge vielleicht wichtig werden kann.

* Unter gewiſſen Umſtänden kann jedoch außer a auch noch b ſich mit dem Sauerſtoff verbinden, wenn die wechſelſeitige Abſtoßung der gleichartig elektriſchen Theilchen a und b ihre gemeinſame Anziehung zum Sauerſtoff nicht überwiegt. Doch betrachtet man die ſo entſtehenden Verbindungen nicht als ternär, ſondern als binär, indem man den Sauerſtoff darin zwiſchen a und b getheilt anſieht, was unſtreitig ſehr zuläſſig iſt, da in der That bei allen zur Trennung einwirkenden Kräften a und b reſpectiv mit den ihren Anziehungsgraden zukommenden Verhältniſſen von Sauerſtoff aus der Verbindung ausgeſchieden werden müſſen.

Anziehung überwiegen können, wenn gleich jedes Theilchen des Körpers b für sich eine schwächere Anziehung darauf äußert. Daher finden wir wirklich, daß die chemischen Zersetzungen zum Theil von der Masse des zu zersetzenden Körpers abhängen, wie besonders Berthollet in seiner Statique chimique durch vielfache Versuche erwiesen hat *. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß Vermehrung der Masse über eine gewisse Gränze hinaus die Wirkung nicht mehr fördern kann, so daß, wo bis zu dieser Gränze noch keine Zersetzung durch das Massenübergewicht erfolgen kann, sie auch bei weiterer Massenvermehrung nicht erfolgen wird, da blos innerhalb gewisser Gränzen der Nähe ein Theilchen auf das andere wirken kann, mithin, die Masse mag auch noch so groß seyn, blos die Theilchen innerhalb eines gewissen Umkreises ihren Einfluß zur Zersetzung werden äußern können.

So wie wir von den elektrischen Verhältnissen einfacher Bestandtheile gegen einander sprechen können, eben so läßt sich das elektrische Verhältniß zusammengesetzter Körper gegen einander betrachten. Kommt ein Säuretheilchen mit einem Oxydtheilchen zusammen, so wird zwar die Zusammenwirkung beider auf einander eigentlich von dem elektromotorischen Verhältniß der einzelnen Bestandtheile derselben zu einander abhängen, indeß können wir doch in Bezug auf ihre Gesammtwirkungen auch statt dessen das Oxydtheilchen und das Säuretheilchen jedes als ein Ganzes betrachen, und ihr elektromotorisches Verhältniß in diesem Bezuge darstellen, was blos auf eine Summation der positiven und negativen Wirkungen ihrer einzelnen Bestandtheile herauskommt. Durch eine solche Summation der pos. und neg. Wirkungen ergiebt sich leicht, daß ein Körper um so mehr an Positivität oder an Negativität zunehmen müsse, je mehr er sich selbst mit positiven oder negativen Theilchen verbindet, wenigstens wenn wir dabei von den, wie es scheint allerdings in manchen Fällen in Betracht kommenden, Veränderungen absehen, welche ein durch die neue Verbindungsart bewirkter Aggregatzustand in das elektromotorische Verhältniß desselben zu andern Körpern bringen kann. In der That haben wir daher auch gesehen, daß alle Körper durch Verbindung mit solchen, zu denen sie eine kräftige Verwandtschaft zeigen, gegen die sie mithin einen kräftigen elektrischen Gegensatz äußern, in ihrer Positivität oder Negativität erhöht werden, je nachdem diese selbst positiver oder negativer sind, und daß blos die Körper, zwischen welchen eine schwache Verwandtschaft Statt findet, eine Ausnahme hievon in Bezug zu einander machen; wie die Metalle, bei

* Um beiläufig eine in Bezug darauf stehende Thatsache anzuführen, so erklärt sich daraus, warum schwefelwasserstoffsaure Salze durch kohlensaures Gas, und umgekehrt kohlensaure durch schwefelwasserstoffsaures Gas zerlegt werden können, wenn man die Gasart über das Salz in einem fortdauernden Strome (in der Hitze) streichen läßt; deshalb nämlich, weil es immer mit neuen Massen darauf einwirkt.

denen, wegen ihres von der Materie abhängigen ſchwachen elektriſchen Gegenſatzes, leicht die Modificationen bemerklich werden können, die wahrſcheinlich der Aggregatzuſtand in dieſes ihr Verhältniß zu einander bringt (vergl. S. 327 Anm.).

Wir können nach dieſen Erörterungen zu einem andern erläuternden Beiſpiele übergehen.

Das Waſſer läßt ſich als aus Waſſerſtofftheilchen und Sauerſtofftheilchen, von denen die erſtern poſitiv gegen die letztern ſind, zuſammengeſetzt betrachten. Kommt nun ein Metall mit Waſſer zuſammen, ſo wird ihr elektriſcher Gegenſatz, dem Ganzen oder den Beſtandtheilen nach betrachtet, in der Regel nicht ſtark genug ſeyn, eine Verbindung oder Zerſetzung zwiſchen ihnen hervorzurufen. Fügt man aber zum Waſſer einen Körper, der deſſen Elektronegativität bedeutend verſtärkt, z. B. eine Säure, ſo wird dadurch das Metall in einen entſprechend erhöhten elektropoſitiven Zuſtand gerathen, und dadurch wird es die Kraft erhalten können, jetzt den Sauerſtoff des Waſſers vom Waſſer loszureißen und ſich dann als Oxyd mit der ganzen Säure, ja dem Waſſer dazu zu verbinden.

Die hier aufgeſtellten Beiſpiele, die ſich leicht vervielfältigen laſſen würden, werden hinreichen, die ſehr allgemeine Anwendbarkeit der aufgeſtellten Theorie in Bezug zu den chemiſchen Erſcheinungen darzuthun. Wie man ſieht, ſetzt ſie ein elektromotoriſches Verhalten aller Körper, welche überhaupt chemiſch auf einander einzuwirken vermögen, voraus. Dieſes aber ſcheint in Widerſpruch mit unſern frühern Annahmen zu ſtehen, zufolge deren wir ſelbſt das elektromotoriſche Verhältniß derjenigen Flüſſigkeiten, welche die kräftigſte chemiſche Einwirkung auf die Metalle, mit denen ſie in der Kette combinirt werden, äußern, vernachläſſigt, und blos dieſe Flüſſigkeiten als Leiter der durch Berührung der Metalle mit einander erregten Elektricität in Betracht gezogen haben.

Wir müſſen geſtehen, daß dieſer ſcheinbare Widerſpruch bis jetzt noch unaufgelöſt geblieben iſt, und daß, ſo viel verſchiedene Anſichten die Chemiker und Phyſiker auch zur Ausgleichung deſſelben aufgeſtellt haben, doch keine bis jetzt eine ſicher begründete Anerkennung gefunden hat. Um ſo eher kann es uns verziehen werden, wenn wir hier eine neue Ausgleichung dieſes Widerſpruchs auf die zuvor erörterte Theorie zu gründen ſuchen.

Zuvor wollen wir den Stand der Sache ſelbſt unter einen klaren Ueberblick faſſen.

Wenn wir hätten annehmen wollen, daß die Flüſſigkeiten außer einem eigenthümlichen Leitungsvermögen für die Elektricität auch noch eine elektromotoriſche Wirkſamkeit auf die Metalle der Kette in derſelben Art, als dieſe unter einander, beſäßen, ſo würde uns dadurch die Erklärung der Entſtehung eines continuirlichen Stroms in der Kette überhaupt unmöglich gefallen ſeyn.

In der That tritt blos ein beharrlicher Zuſtand des Gleichgewichts, aber keine continuirliche Strömung ein, wenn wir die Combination zweier Metalle durch ein drittes ſchließen, welches mit jenen unter dem allgemeinen Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe begriffen iſt, und daſſelbe würde dann auch bei Schließung jener Combination durch eine Flüſſigkeit der Fall geweſen ſeyn müſſen (vergl. S. 65 *).

Wollte man andrerſeits eine elektromotoriſche Einwirkung der Flüſſigkeiten auf feſte Körper läugnen, ſo würde man überhaupt nicht nur die Möglichkeit einer Verknüpfung der chemiſchen Erſcheinungen mit den elektriſchen Kräften aufgeben, und ſomit die ſchönſten Beziehungen, die ſich von hier aus für beide Gebiete entwickelt haben, verlieren müſſen, ſondern man würde auch in Widerſpruch mit Erfahrungen kommen, die ich in einem ſpätern Capitel anführen werde, welche auf ganz directe Weiſe darthun, daß wirklich auch in der Berührung flüſſiger mit feſten Körpern El. erregt werde.

Dieſer Widerſpruch findet ſeine Ausgleichung in folgender Anſicht, welche das Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten für den Strom in der Kette überhaupt nur als eine Function ihrer, durch das elektriſche Verhältniß derſelben bedingten, chemiſchen Wirkſamkeit erſcheinen läßt.

Wir ſehen, daß in allen Fällen, wo eine wirkſame Strömung in der Kette Statt findet, zugleich eine Ueberführung der entgegengeſetzt elektriſchen Beſtandtheile der Flüſſigkeiten nach den entgegengeſetzten metalliſchen Polen erfolgt, wozu das 29ſte Cap. die vielfachſten Belege enthält, und daß, wo dieſe Ueberführung nicht Statt hat, die Flüſſigkeit nicht anders, als wie ein Nichtleiter oder wie ein metalliſcher Leiter in die Kette tritt, d. h. blos einen beharrlichen Zuſtand des Gleichgewichts zur Folge hat, ſo, wenn concentrirte Schwefelſäure oder reines Brom eine Kette ſchließt. In ihrem Uebergange nach den entgegengeſetzten Polen führen nun die Beſtandtheile der Flüſſigkeit nothwendig die Elektricitäten mit ſich, die ihnen vermöge ihrer wechſelſeitigen Berührung unter einander zukommen; und da die poſitiven Beſtandtheile nach dem negativen, die negativen Beſtandtheile nach dem poſitiven Pole der Kette hingeführt werden, bringen ſie ſolchergeſtalt ganz dieſelbe Richtung der

* Auf der andern Seite widerſtreitet der Umſtand, daß ſelbſt die verſchiedenartigſten Flüſſigkeiten, zur Schließung zweier Metalle gebraucht, die Richtung des Stroms ſtets ſo beſtehen laſſen, wie ſie dem Verhältniß der Metalle zu einander entſpricht, der Anſicht, daß die Flüſſigkeiten nicht mit den Metallen unter daſſelbe Geſetz der galvaniſchen Spannungsreihe gehörten, denn in dieſem Falle müßten ſie die Richtung der Strömung öfters durch ihr verſchiedenes Verhältniß zu den Metallen der Kette umkehren, was aber nach Capitel 12 nicht der Fall iſt, da alle ſcheinbaren Umkehrungen des Stroms durch Flüſſigkeiten nur auf Veränderung der Metalle ſelbſt beruhen, wo dann die Richtung des Stroms ſtets dem Verhältniß der veränderten Metalle zu einander entſpricht, immer unabhängig von dem Verhältniß der Flüſſigkeiten zu ihnen.

Strömung hervor, die wir erhalten, wenn wir, bei vernachläſſigter elektromotoriſcher Wirkſamkeit der Flüſſigkeiten, ein eigenthümliches Leitungsvermögen derſelben für den Strom annehmen wollten, vermöge deſſen ſie die El. des poſitiven und negativen Pols nach entgegengeſetzten Richtungen durch ſich hindurchließen. Dieſe Anſicht macht ſonach die Strömung der El. in der Kette blos von dem Uebergange der entgegengeſetzt el. Beſtandtheile der Flüſſigkeit abhängig *. Dieſer ſelbſt aber kann ſehr wohl mit einem elektromotoriſchen Verhältniß der Flüſſigkeit zu den Metallen der Kette beſtehen, denn es leuchtet ein, daß, in welches elektromotoriſche Verhältniß auch die Flüſſigkeit ihrer Geſammtheit nach zu den Metallen treten mag, zwiſchen denen ſie ſich befindet, doch ſtets ihr poſitiver Beſtandtheil eine ſtärkere, ihr negativer eine ſchwächere Anziehung (oder ſelbſt eine Abſtoßung) von dem negativen Pole erfahren wird, als von dem poſitiven Pole der Kette. Die weitere Ausführung hievon findet ſich im 30. Cap.

Es iſt wohl zu bemerken, daß nach der hier aufgeſtellten Anſicht die chemiſche Wirkung nicht von der Strömung der El., ſondern vielmehr die Strömung der El. von der chemiſchen Wirkung, d. i. der Anziehung, welche in Berührungsnähe befindliche entgegengeſetzt elektriſche Theilchen auf einander ausüben, abhängig gemacht wird **. Wo dieſe Anziehung erfolglos iſt, iſt auch die Strömung verſchwunden und es tritt blos der beharrliche Gleichgewichtszuſtand ein, wie er Gliedern, die unter demſelben Geſetz der Spannungsreihe ſtehen, zukommt.

Wenn wir nun gleich die hier aufgeſtellte Anſicht von dem Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten für den Strom für die richtigere halten, als die erſtere, welche mit der elektrochemiſchen Theorie und mehrern Thatſachen in Widerſpruch ſeyn würde, ſo haben wir es deſſenungeachtet für zweckmäßig gehalten, erſtere bei Betrachtung derjenigen Erſcheinungen des Stroms zu Grunde zu legen, welche nicht ſeine chemiſche Wirkſamkeit betreffen, da ſie eine einfachere Vorſtellungsart, und für das Gebiet dieſer Erſcheinungen eben ſo ausreichende und zuläſſige Verknüpfungsart derſelben gewährt, und da es in der That nur auf die Kenntniß des wechſelſeitigen Verhältniſſes beider Anſichten ankommt, um die Vorſtellungsart nach der erſten Anſicht in eine Vorſtellungsart nach der letzten überzutragen; nicht möglich aber würde es ſeyn, nach jener erſten Anſicht auch die chemiſchen Wirkungen und diejenigen Wirkungen der Kette, bei welchen ſich eine elektromotoriſche Wirkſamkeit der Flüſſigkeiten deutlich

---

* Hiemit iſt nicht geſagt, daß die Flüſſigkeiten nicht unabhängig hievon El. zu leiten vermöchten, auf analoge Art als die Metalle. Das Ganze kommt darauf hinaus, daß die Leitung der Strömung in der Kette die Function eines andern Umſtandes iſt, als die Leitung der elektroſkopiſchen El.

** Hiedurch erklärt ſich ſehr wohl der Umſtand, daß das Leitungsvermögen in Flüſſigkeiten für den Strom ſo ſehr von ihrem Verhältniß gegen die Metalle abhängt.

zu erkennen giebt, zu repräsentiren, daher wir in Bezug auf diese Erscheinungen jene Vorstellung verlassen werden.

Um zum Schluß dieses Capitels noch das Verhältniß der Grundansicht, die wir hier für die Elektrochemie aufgestellt haben, zu einigen andern Ansichten geachteter Physiker anzugeben, mag es genügen, die Ansichten von Berzelius, Schweigger und Ampère in diesem Bezuge zu betrachten.

Die wesentliche Grundansicht von Berzelius über die Elektrochemie ist in seinem Versuch über die Theorie der chem. Proportionen S. 78 ff. in folgenden Worten enthalten:

„Wir glauben also nunmehr mit factischer Zuverlässigkeit zu wissen, daß Körper, die sich vereinigen wollen, entgegengesetzte freie Elektricität äußern und daß letztere in dem Verhältniß zunimmt, wie die Körper sich derjenigen Temperatur nähern, bei welcher ihre Vereinigung vor sich geht, bis endlich im Augenblicke der Vereinigung selbst die Elektricitäten mit einer dergestaltigen Temperaturerhöhung verschwinden, daß in vielen Fällen Feuer dabei erzeugt wird. Auf der andern Seite ist es eben so factisch gewiß, daß vereinigte Körper, die in passender Gestalt der Einwirkung des el. Fluidums durch Entladung der Säule ausgesetzt werden, sich von einander losttrennen und mit ihren früheren chemischen und elektrischen Eigenschaften wieder zum Vorschein kommen, während die auf sie einwirkenden Elektricitäten sich neutralisiren und verschwinden.

Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse ist daher die wahrscheinlichste Erklärung des Verbrennens und des dabei entstehenden Feuers die: daß bei jeder chemischen Vereinigung eine Neutralisation entgegengesetzter Elektricitäten vor sich geht, und daß bei dieser Neutralisirung das Feuer ganz auf dieselbe Weise entsteht, wie es bei Entladung der el. Flasche, der el. Säule und der Gewitterwolke hervorgebracht wird, nur daß letztere von keiner chemischen Vereinigung begleitet wird.“

Berzelius macht sich inzwischen den Einwand, warum Stoffe, bei denen während der Verbindung Neutralisation der entgegengesetzten Elektricitäten erfolgt ist, doch mit einer solchen Kraft zusammenhalten. Dieser Einwand fällt, wie man sieht, bei der obigen Modification — denn in der That ist sie nichts weiter als eine solche — der Berzelius'schen Ansicht weg, da nach ihr die Neutralisation entgegengesetzter Elektricitäten zwischen den Körpertheilen, welche das chemische Licht hervorruft, nicht mit einer Neutralisation der Elektricitäten dieser Körpertheilchen selbst verbunden, sondern vielmehr die wesentliche Bedingung ist, daß sie entgegengesetzt elektrisch zurückbleiben, und sich vermöge der hiedurch bedingten Anziehung fest halten können.

Schweigger, von Erscheinungen an den thermoelektrischen Krystallen ausgehend, glaubt, daß den Theilchen der Körper eine

von der Temperatur abhängige und mit ihr wandelbare elektriſche Polarität zukomme, wonach z. B. die Cohäſion der Körper darauf beruhe, daß die Theilchen ſich die ungleichnamigen Pole zukehren. Er nennt ſeine Theorie in Bezug auf jene zu Grunde gelegten Erſcheinungen die kryſtallelektriſche, und macht von ihr überhaupt eine ſinnreiche Anwendung zur Erklärung der Erſcheinungen der Adhäſion, Cohäſion, Kryſtalliſation und der chemiſchen Erſcheinungen, über welche wir auf ſein Journal, namentlich V. 57, XXXIX. 214 und XL. 237 verweiſen.

Auch dieſe Anſicht ſteht in ſehr genauer Beziehung mit der unſrigen, indem nach letzterer die entgegengeſetzt elektriſchen Atome, aus denen jedes integrirende Theilchen eines zuſammengeſetzten Körpers beſteht, ſelbſt ſich als zwei entgegengeſetzte Pole dieſes Theilchens betrachten laſſen. Nur geſtehe ich, daß mir durch die Schweigger'ſche Anſicht, welche die entgegengeſetzten Pole blos verſchiedenen Flächen deſſelben Theilchens beilegt, die chemiſchen und galvaniſchen Zerſetzungen minder einfach repräſentirt werden zu können ſcheinen, als wenn man annimmt, daß die Theilchen ſelbſt in ihrer Verbindung ſich entgegengeſetzt elektriſch verhalten.

Ich führe endlich noch die Anſicht an, welche Ampère in ſ. Briefe an Van Beck im Journ. de Phys. 1821 ausgeſprochen hat, und welche bei einigen franzöſiſchen Phyſikern Eingang gefunden zu haben ſcheint, jedoch ſchon deshalb nicht zuläſſig ſeyn möchte, weil ſie den Umſtand, daß ein Körper je nach Beſchaffenheit der andern Körper, mit denen er zuſammengebracht wird, ſich bald als poſitiv, bald als negativ erſcheinen kann, höchſtens ſehr gezwungen würde zu erklären wiſſen.

Nach dieſer Anſicht Ampère's * „befinden ſich die Molecule der Körper in einem bleibenden elektriſchen Zuſtande, der von ihrer Natur abhängt; ein Sauerſtofftheilchen z. B. iſt ſtets in elektronegativem Zuſtande, zerſetzt dadurch das umgebende neutrale Fluidum, ſtößt die negative El. zurück und zieht die poſitive an, welche um daſſelbe eine Art Atmoſphäre bildet, die die negative El. des Theilchens gebunden hält und ſie dadurch am freien Hervortreten ihrer Wirkung nach Außen hindert. Ein Waſſerſtofftheilchen dagegen, welches beſtändig poſitiv iſt, iſt mit einer Atmoſphäre negativer El. umgeben, und eben ſo befinden ſich alle Körper, welche ſich zur Säure neigen, im Fall des Sauerſtoffs, alle, welche ſich zur Alkalität neigen, im Fall des Waſſerſtoffs. Dieſem Prinzip nun zufolge wird, da das el. Fluidum, welches die Theilchen jedes Metalls umgiebt, wegen ihrer verſchiedenartigen Beſchaffenheit in verſchiedenen Verhältniſſen aus poſitiver und negativer El. zuſammengeſetzt iſt, das Fluidum, welches die Atmoſphäre der Theilchen des einen Metalls bildet, ſich zum Theil mit dem Fluidum der Atmoſphäre des

* Sie iſt aus einer Abhandlung von Becquerel entlehnt.

andern Metalls zu verbinden ſtreben, und da dieſe Atmoſphären ſolchergeſtalt partiell verſchwinden, ſo werden nun die, den Theilchen eigenthümlichen, Elektricitäten aufhören, gebunden zu ſeyn, und ſofort ſich nach Außen wirkſam äußern."

Achtundzwanzigſtes Capitel.

Hinderung und Beförderung chemiſcher Verbindungen durch Elektricität.

Wenn die elektrochemiſche Theorie, nach welcher der elektriſche Gegenſatz der Körper ihre Verbindung bedingt, wirklichen Grund hat, ſo müſſen nach Beſchaffenheit der Umſtände chemiſche Verbindungen gehindert oder befördert werden können, dadurch, daß man künſtlich Metalle in einen dauernden elektriſchen Zuſtand verſetzt.

In der That zeigt ſich dieſes durch ſehr bemerkenswerthe Thatſachen beſtätigt. So finden wir, daß ſich der negative Polardraht einer hinlänglich wirkſamen Säule im Waſſerzerſetzungsapparat nicht oxydirt, wenn er gleich aus einem leicht oxydirbaren Metall, z. B. Eiſen oder ſelbſt Zink, beſteht; dagegen ſich der poſitive um ſo leichter oxydirt, ſelbſt wenn er aus einem der negativern Metalle, wie Kupfer, beſteht *; und in der Bildung der Waſſerſtoffmetalle und ſogenannten Hyperoxyde und anderen chemiſchen Wirkungen, die unter dem Einfluß der Kette vor ſich gehen, werden wir in dieſer Hinſicht noch auffälligere Beiſpiele kennen lernen. Hier mag es blos genügen, einige einfache und intereſſanter Anwendungen fähige Ergebniſſe in dieſem Bezuge anzuführen.

Das Eiſen oxydirt ſich an der Luft, weil es gegen den Sauerſtoff derſelben poſitiv elektriſch wird. Das Eiſen wird andererſeits negativ elektriſch gegen Zink. Um alſo das Eiſen vor der Oxydation an der Luft zu ſchützen, ſetze man es mit einem Zinkſtücke in Berührung, ſo wird die poſitive El., die es mit dem Sauerſtoff annimmt, mehr oder weniger neutraliſirt werden durch die negative El., die es mit dem Zink annimmt, und ſo die Neigung des Eiſens, ſich mit dem Sauerſtoff zu verbinden, geſchwächt oder aufgehoben werden müſſen.

In der That hat Pepys von dieſem Grundſatze eine gelungene Anwendung zur Conſervirung zarter Schneide-Inſtrumente gemacht, indem er ihnen Handgriffe oder Futterale von Zinkbeſchlag ertheilt (Pogg. XIII. 219), und es hat allen Anſchein für ſich, daß man nach demſelben Prinzipe auch meſſingene Inſtrumente, das Blei der Bleidächer u. ſ. w. durch Eiſen oder Zink (jedenfalls durch ein elek-

---

* Vergl. Berzelius in Pogg. XXVII. 270.

tropositiveres Metall) würde vor der angreifenden Wirkung des Sauerstoffs zu schützen vermögen.

Auch gegen die angreifende Wirkung im Wasser enthaltenen Sauerstoffs oder andrer elektronegativer Körper vermögen solchergestalt Metalle geschützt zu werden.

Ein Eisenblech oder Eisenstäbchen in Berührung mit einem Zinkblech unter Wasser liegend, findet sich nach einigen Tagen noch blank, während ein anderes ohne solche Armirung sich während dieser Zeit ganz mit Rost überzieht, und blos Zinkoxyd bildet sich, indem, wie leicht zu erachten, die Oxydation des Zinks durch Verbindung mit dem Eisen umgekehrt befördert wird.

Auch wenn man Eisen und Zink durch ein drittes Metall verbindet, findet die schützende Wirkung Statt, z. B., wenn man zwei neben einander stehende Gläser mit verdünnter Kochsalzauflösung anfüllt, sie durch mit Kochsalzauflösung befeuchtete Baumwollenfasern in Verbindung setzt, in ein Glas ein Eisenstäbchen, in das andere ein Zinkblech taucht, und Eisen und Zink durch einen Silberdraht in Verbindung setzt, bleibt das erste selbst nach mehrern Tagen ganz rein und unangegriffen. Einen ganz gleichen Erfolg erhält man, wenn man auf diese Art Kupfer durch Eisen, Zinn oder Zink zu schützen sucht *.

Die Verbindung beider Gefäße durch einen feuchten Leiter, wodurch die Metalle zur Kette geschlossen werden, ist bei diesen Versuchen für die schützende Wirkung vortheilhaft, wiewohl sie in geringem Grade schon ohnedem Statt finden soll **. Ersterer Umstand läßt sich leicht voraussehen. In der That, wenn jedes Metall in einem gesonderten Gefäße enthalten ist, muß die Flüssigkeit ihrer Gesammtheit nach bald den elektrischen Zustand des Metalls theilen, und ihr Sauerstoff wird dadurch in demselben Grade an Negativität zunehmen, als das Metall, so daß das Verhältniß ihrer Wirkungen auf einander dasselbe bleiben muß, als wenn sich beide in unelektrischem Zustande befänden; dagegen, wenn die Kette geschlossen ist, die El. der Flüssigkeit beständig von der andern Seite her neutralisirt wird.

Davy *** hat gefunden, daß bei diesen Versuchen (in Meerwasser) keine Verringerung der beschützenden Wirkung Statt hat, was für Längen von dünnem Draht auch zur Verbindung der Metalle angewandt wurden. Der Versuch wurde so weit durchgeführt, daß man einen Silberdraht von $\frac{100}{48747}$ Zoll im Durchmesser aufwärts steigend bis zu 40 Fuß Länge anwandte, ohne daß die Resultate sich anders gestalteten. Auch Kohle war zur schützenden Verbindung

* Wetzlar in Schweigg. XLIX. 486. — Van Beck in Pogg. Ann. XII. 274.

** Bostock in Gilb. XII. 483.

*** Kastn. Arch. VIII. 265.

tauglich; dagegen das dünnſte Glimmerblättchen oder die dünnſte Luftſchicht, in die metalliſche Communication eingeſchoben, die ſchützende Wirkung gänzlich aufhob *.

Van Beek hat bei dem Verſuch mit zwei Gefäßen die eigenthümliche Beobachtung gemacht, daß, als er nach 47 Tagen den Platindraht, welcher das Eiſen und Kupfer beider mit Meerwaſſer gefüllten Gefäße verband, durchſchnitt, in der Erwartung, daß ſich das Kupfer nun bald oxydiren würde, wie es, bei bloßer Eintauchung in Meerwaſſer, gewöhnlich vom erſten Tage an geſchieht, es vielmehr ſeinen Glanz und das Waſſer ſeine vollkommene Durchſichtigkeit beibehielt **, ungeachtet ein friſcher Kupferſtreifen in daſſelbe Waſſer gebracht, ſchon am erſten Tage oxydirt wurde. — Auch ſoll nach Van Beek das angewandte Kupfer ſchnell angegriffen worden ſeyn, wenn man es in ein anderes Gefäß mit Meerwaſſer brachte.

Vielleicht erklärt ſich der Erfolg dieſer Verſuche dadurch, daß nach aufgehobener Schließung der Kette der Angriff der Flüſſigkeit zuerſt dahin gehen mußte, die chemiſche Aenderung, welche wahrſcheinlich den Ladungszuſtand des Kupfers bedingt, aufzuheben, ehe das Kupfer ſelbſt angegriffen werden konnte, wie denn in der That Van Beek fand, daß die Schließung der Metalle eine gewiſſe Zeit dauern muß, wenn das Kupfer die Eigenſchaft erlangen ſoll, nach Aufhebung derſelben beſchützt zu bleiben. Wenn aber das Kupfer beim Ueberführen in ein anderes Gefäß Meerwaſſer ſchnell angegriffen wurde, ſo möchte dabei zu berückſichtigen ſeyn, daß es hiebei nothwendig der Luft ausgeſetzt werden mußte, welche beim Kupfer den Ladungszuſtand ſehr ſchnell aufzuheben vermag.

Sehr bemerkenswerth, und unſtreitig im Zuſammenhange mit den S. 251 ff. erörterten Thatſachen iſt der Umſtand, daß ſchon eine ſehr kleine Menge poſitiven Metalls hinreicht, eine große Fläche negativen Metalls zu ſchützen. Davy ſetzte Kupferplatten, armirt mit $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{300}$ ihrer Fläche an Zink, Schmiede- und Gußeiſen mehrere Wochen lang dem Fluthſtrome im Hafen von Portsmouth

---

* Nach Davy iſt jedoch keine abſolut metalliſche Communication zwiſchen den Metallen nöthig, indem ganz feines, mit Seewaſſer angefeuchtetes, Löſch- oder Pelzpapier zwiſchen die Metalle eingebracht, die ſchützende Wirkung nicht aufhebt. Er machte einen Verſuch mit verſchiedenen Lagen dieſes Papiers, indem Kupferſtücke mit 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Blättern bedeckt, und auf dieſe wiederum Stücke von Zink gelegt und durch Faden genau darauf befeſtigt wurden. Ein jedes ſo armirtes Kupferſtück wurde in einem Gefäße dem Seewaſſer ausgeſetzt, ſo daß alle Blätter feucht wurden. Man fand, daß in dem Falle, wo ein einzelnes Blatt Papier zwiſchen dem Zink und Kupfer war, keine Correction Statt hatte; bei zweien war eine ſehr leichte Einwirkung wahrzunehmen; bei dreien war das Zerfreſſen deutlich und ſo wuchs es, bis bei den 6 Blättern die beſchützende Kraft des Zinks verloren zu ſeyn ſchien. Auch wenn ein mit einem Loch verſehenes Glimmerblättchen zwiſcheneingebracht wurde, ward das Zerfreſſen des Kupfers zwar nicht abgewendet, jedoch merklich vermindert.

** Nach 20 Tage nach der Durchſchneidung.

aus und bestimmte ihr Gewicht vor und nach dem Versuche. Wenn der metallische Beschützer $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ betrug, so fand weder Zerfressung noch Abnahme an Kupfer Statt; bei geringerer Menge desselben, wie z. B. von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{400}$ jedoch erlitt das Kupfer einen Verlust, der in dem Maße größer war, als des schützenden Metalls weniger genommen ward. Doch schützte selbst $\frac{1}{10000}$ Theil von Gußeisen das Kupfer noch in einem gewissen Grade.

Es ist bekannt, welche nützliche Anwendung Davy hievon gemacht hat *, um den Kupferbeschlag der Schiffe vor dem Zerfressen zu sichern. Hiebei ist jedoch der Umstand in Obacht zu nehmen, daß das Kupfer, indem es mit dem Eisen oder Zink eine geschlossene Kette bildet, Neigung erhält, sich durch Zersetzung der Salze des Meerwassers mit alkalischen und erdigen Substanzen zu bedecken; und in der That lehrte die Beobachtung, daß Kupferplatten, welche mit $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{5}$ ihrer Oberflächen an Zink und Eisen armirt, beinahe 4 Monate lang der Einwirkung des Seewassers ausgesetzt wurden, sich mit einer weißen Masse bedeckten, welche zufolge der chemischen Zerlegung aus kohlens. Kalk, kohlens. Magnesia und Magnesiahydrat bestand. Da solche Ueberzüge zu nachtheiligen Anhaftungen von Seegewächsen und Gewürmen Anlaß geben, so mußte denselben vorgebeugt werden, und Davy fand, daß solches durch gehörige Verminderung des Beschützers erlangt werden kann, so daß etwa $\frac{1}{15}$ oder etwas mehr der Kupferoberfläche an Gußeisen ein passendes Verhältniß ist, die Schützung des Kupfers ohne jenen Uebelstand zu bewerkstelligen, wenigstens wenn das Schiff nicht lange ruhig liegen bleibt **.

---

* Folgendes sind die Abhandlungen Davy's über diesen Gegenstand. Die erste befindet sich in den Philos. transact. 1824. Part. I.; übers. in den Ann. de Ch. et de Ph. XXVI. 84, und dem wesentlichen Inhalte nach ausgezogen in Pogg. Ann. III. 211. — Die zweite in den Annals of Philos. 1825. April; übersetzt in Pogg. Ann. III. 211. — Die dritte in den Philos. transact. 1825. Part. II. Art. XV; auch in den Annals of Philos. No. LXIV. 1826. April. 248; übersetzt in Kastn. Arch. VIII. 257. — Vergl. auch Schweigg. in s. J. XII. 490.

** Auf diese Weise wurden sehr günstige Erfolge erhalten. Eine Jacht, durch ungefähr $\frac{1}{15}$ hammerbaren Eisens, in 2 Massen am Hintertheile angebracht, beschützt, war 6 Monate hindurch von Zeit zu Zeit zum Segeln gebraucht worden und hatte zuweilen im Hafen gelegen. Als Davy sie nach jener Zeit sahe, war sie vollkommen blank und das Kupfer augenscheinlich unangegriffen; auch hatte sich nicht die geringste Anhaftung von Seegewächsen oder Schaalthieren auf dem Kupfer gezeigt. — Ein großes Fahrzeug von mehr als 650 Tonnen wurde mit 4 Beschützern, zwei am Hintertheil und zwei am Vordertheil, zusammen ungefähr $\frac{1}{150}$ der ganzen Oberfläche des Kupfers, versehen. Länger als 12 Monate gebraucht lief es nach gemachter Reise nach Calcutta und zurück vollkommen glatt in die Themse ein, und nach Untersuchung auf der trockenen Werfte zeigte es sich ganz frei von irgend einer Anhängung, und bot eine schöne, fast polirte, Oberfläche dar, so daß es keine größere Abnutzung des Kupfers erfahren zu haben schien, als man auf Rechnung mechanischer Ursachen setzen kann.

Gewiſſermaßen die umgekehrte Anordnung als Davy von dem angegebenen Prinzip hat neuerdings Dumas * zur Sicherung von Waſſerleitungen aus Bleiröhren gegen darin erfolgende Ablagerungen von kohlenſ. Kalk gemacht, indem hier ein poſitiveres Metall durch ein negativeres, das Blei nämlich durch Zinn, Kupfer oder Eiſen geſchützt wird.

Nach Wetzlar's Verſuchen und in Uebereinſtimmung mit den obigen Grundſätzen kann man die Oxydation des Eiſens unter Waſſer auch dadurch zu nichte machen, daß man relativ elektropoſitive Materien in dem Waſſer auflöſt, wodurch das Eiſen relativ elektronegativer wird.

So verliert das Eiſen in ammoniack- oder kalihaltigem Waſſer alle Anziehung zu dem darin enthaltenen atmoſphäriſchen Sauerſtoff. Selbſt wenn die Menge des darin enthaltenen Ammoniacks ſo gering iſt, daß ſie ſich kaum dem geröthetem Lackmuspapier zu erkennen giebt, erhält das Waſſer doch ſchon hiedurch die Eigenſchaft, die Oxydation eines unter demſelben liegenden Eiſenſtäbchens oft viele Stunden lang zu verhindern **, und bei bedeutender Menge gelöſten Alkali's iſt dieſes ſtets der Fall. In letztrem Falle kann man jedoch an vielen Stäbchen wieder poſitive, ſich oxydirende, Puncte hervorrufen, wenn man eine gewiſſe Menge Salmiack oder Kochſalz zu der alkaliſchen Flüſſigkeit hinzuſetzt, und, ſelbſt nach dieſem Zuſatz, kann man von Neuem alle Oxydation an friſch hineingelegten Stäbchen aufheben, wofern man dem alkaliſch-ſalzigen Waſſer eine neue Portion Alkali hinzufügt. Salpeterſ. oder ſchwefelſ. Kali, dem alkaliſchen Waſſer ſtatt jener Salze beigemiſcht, mindern ſeine elektropoſitive Eigenſchaft wenig und das Stäbchen bleibt faſt blank nach wie vor.

Auch Kupfer, was ſich ſo leicht unter Salzauflöſungen oxydirt, wird, wenn man dieſelben mit baſ. kohlenſ. Kali verſetzt, nur ſehr ſchwach angegriffen ***.

Dieſe Beiſpiele betrafen hauptſächlich den Einfluß, welchen die El. zur Verhinderung chemiſcher Verbindungen zu äußern vermag. Hinſichtlich der Beiſpiele für ihre, ſolche Verbindungen beförderende, Wirkungen verweiſen wir hauptſächlich auf die Verſuche mit der galvaniſchen Säule, wo ſich — wie ſelbſt bei der einfachen Kette — ſolche faſt jeden Augenblick in den Veränderungen darbieten, welche die Metallplatten oder Polardrähte unter dem Einfluß des elektriſchen Zuſtandes, in den ſie verſetzt ſind, erfahren. Wahrſcheinlich ſtehen in Bezug damit folgende Erfahrungen:

---

* Pogg. VIII. 523.

** Die meiſten Eiſenſtäbchen zeigen jedoch bei ſo geringem Ammoniackgehalt hie und da Stellen, wo ſich grünes Peroxyd bildet, was aber viel langſamer als in reinem Waſſer in gelbes Peroxydhydrat übergeht.

*** Auch Davy fand (Pogg. III. 218), daß alkaliſche Löſungen die Wirkung des Seewaſſers auf Kupfer hindern, ſelbſt Kalkwaſſer.

Nach Kunkel ſoll die Verwandlung des Queckſilbers in rothes Oxyd durch Zuſatz von Gold ſehr befördert werden. — Nach Hänle* kann man die Bildung des Eiſenweinſteins ausnehmend befördern, wenn man der Miſchung von Weinſtein, Eiſenfeile und Waſſer beim Kochen einige Silberſtücke zuſetzt. — Nach Fiſcher und Wetzlar ferner** vermag Silber bei Berührung oder Vereinigung mit Eiſen oder Kupfer von Salzſäure ſehr leicht angegriffen zu werden, was bei reinem Silber ſehr ſchwach oder vielleicht gar nicht der Fall iſt***.

Es hat allen Anſchein, daß auch bei der merkwürdigen, von Döbereiner entdeckten, Eigenſchaft des Platins, den Waſſerſtoff zur Verbindung mit dem Sauerſtoff bei gewöhnlicher Temperatur zu disponiren, die große Elektronegativität des Platins, welche eine entſprechende Poſitivität des damit in Berührung kommenden Waſſerſtoffs hervorrufen muß, ins Spiel komme. Jedoch ſcheint die Erſcheinung nicht allein hievon abhängig gemacht werden zu können. Die Umſtände derſelben ſind ſo merkwürdig, daß wir eine nähere Betrachtung derſelben im Anhange zu dieſem Werke beigefügt haben.

Neunundzwanzigſtes Capitel.

Chemiſche Wirkungen der geſchloſſenen Kette, insbeſondere der Säule auf die ihren Kreis ſchließenden flüſſigen oder befeuchteten Leiter.

Die Grundthatſache, von welcher die chemiſchen Wirkungen der einfachen wie der zuſammengeſetzten Kette im Allgemeinen abhängig ſind, iſt folgende:

Wenn man in den Kreis einer Volta'ſchen Kette einen zuſammengeſetzten Körper bringt, und die metalliſchen Enden der Kette, zwiſchen denen er die Schließung bewerkſtelligt, die Pole der Kette nennt, ſo wird er in der Art zerlegt, daß der eine Beſtandtheil deſſelben ſich nach dem negativen Pol, der andere dagegen nach dem poſitiven Pol hinbewegt, und mit der Subſtanz dieſes Pols entweder in chemiſche Verbindung tritt oder darum angeſammelt bleibt, oder auch von ihm aus ſich gasförmig erhebt.

Wir nennen, in Bezug auf die im 27ſten Capitel entwickelte Theorie, denjenigen Beſtandtheil, welcher ſich zum poſitiven Pol hinbewegt, den elektronegativen Beſtandtheil, umgekehrt den,

---

* Jrov. Not. XIII. S. 159.

** Schweigg. J. LI. 193; LII. 477; LIII. 96.

*** Vergl. über andere hieher gehörige Erfahrungen Prechtl in Gilb. XXXV. 97. — Döbereiner in Schweigg. J. XVII. 238. — Ritter in Gilb. Ann. II. 61. — Desormes ebend. IX. 22.

welcher ſich zum negativen Pol hinbewegt, den elektropoſitiven Beſtandtheil der Flüſſigkeit, indem wir ſchließen, daß beide blos deshalb aus ihrer Verbindung mit einander getrennt werden, weil die Anziehung, welche ſie von den entgegengeſetzten Polen der Kette erfahren, ſtärker iſt als die Anziehung, vermöge deren ſie unter einander ſelbſt zuſammenhalten.

In der That ſehen wir die chemiſche Zerſetzung durch die galvaniſche Kette nur unter folgenden Grundbedingungen erfolgen. 1) Die Elektricität der Kette muß ſtark genug ſeyn, um den elektriſchen Gegenſatz, vermöge deſſen die Beſtandtheile des zu zerſetzenden Körpers einander ſelbſt feſt halten, in merklichem Grade zu überwiegen; 2) er muß noch überdies ſtark genug ſeyn, um ihre Cohäſionskraft zu überwiegen. Daher erfolgt die Zerſetzung durch die Kette ſtets am beſten, ja in den meiſten Fällen allein, wenn die zu zerſetzenden Körper in aufgelöſtem Zuſtande, wo ihre Cohäſionskraft faſt nicht in Betracht kommt, in die Kette gebracht werden.

Doch kann es öfters geſchehen, daß feſte Körper, wenn ſie nur mit zerſetzbaren Flüſſigkeiten befeuchtet oder darin vertheilt ſind, ebenfalls unter dem Einfluß ſelbſt nicht zu ſtarker Ketten chemiſche Einwirkung erfahren, welche jedoch dann in den meiſten Fällen von der chemiſchen Einwirkung der Beſtandtheile der zerſetzten Flüſſigkeit auf ſie abzuhängen ſcheint.

Zu den erwähnten Bedingungen fügt man gewöhnlich die dritte Bedingung hinzu, nämlich, daß der zu zerſetzende Körper hinlängliches Leitungsvermögen für den Strom beſitzen müſſe, um nicht etwa die Strömung der El. durch die Kette zu unterbrechen. Wenn jedoch die von uns im 27ſten Capitel gegebene Theorie die richtigere iſt, nach welcher die Leitung des Stroms blos durch die Ueberführung der entgegengeſetzten elektriſchen Beſtandtheile vermittelt wird, ſo wird vielmehr umgekehrt die Leitung von der Zerſetzbarkeit unter den beſtehenden Umſtänden abhängen, ſo daß jede Flüſſigkeit eo ipso, daß ſie nicht in ſolche Beſtandtheile unter den beſtehenden Umſtänden zerlegt zu werden vermag, als Nichtleiter für den Strom auftritt; dagegen den Strom leitet, wenn die El. der Kette zur Zerlegung in ihre Beſtandtheile wirkſam genug iſt.

Es verdient bemerkt zu werden, daß chemiſche Wirkungen ganz in derſelben Art, als ſie zwiſchen den Polardrähten einer Säule erfolgen, auch durch die ganze Säule hindurch zwiſchen je zwei Elementen derſelben Statt finden, blos durch die Beſchaffenheit der dort befindlichen Flüſſigkeit und zum Theil die Geſtalt der Platten modificirt. In der That laſſen ſich die Polardrähte ſelbſt nur als Verlängerungen der äußerſten Platten anſehen, zwiſchen denen die zu zerſetzende Flüſſigkeit weſentlich gerade ſo angeordnet iſt, als zwiſchen den übrigen Platten. Man kann mit andern Worten jede beliebige zwei durch Flüſſigkeit getrennte heterogene Platten der Säule als die Pole derſelben betrachten und ſo die obigen Erörterungen darauf beziehen.

Von den Belegen, welche in Bezug zu diesen Erörterungen stehen, führen wir zuerst einen mit der einfachen Kette vorzunehmenden an, welcher eben so interessant als einfach ist.

Man lege auf den Boden eines Glasgefäßes eine Platin- oder Goldplatte, in Ermangelung derer man sich auch einer Silbermünze oder einer Schicht reinen, auf dem Boden des Gefäßes ausgebreiteten, Quecksilbers bedienen kann und gieße eine Lage Salzsäure darüber, welche so weit verdünnt ist, daß Zink nur wenig davon angegriffen wird. Man tauche nun in diese Säure ein Zinkstäbchen oder einen Streifen Zinkblech erst so, daß das Zink nicht in Berührung mit dem edlen Metall kommt. Man wird keine auffallende Erscheinung wahrnehmen. So wie man aber das Zink so weit eintaucht, daß es an das Platin- oder Goldblech trifft, wird sogleich dieses Blech sich mit einer unzähligen Menge Gasblasen (Wasserstoff) bedecken, die in Strömen davon aufsteigen werden. Setzt man das Zink wieder außer Berührung mit der Platte, so wird auch dieser Erfolg sofort wieder unterbrochen seyn.

Eine Abänderung dieses Versuchs ist, daß man einen Streifen Zinkblech und einen Streifen Silber-, Gold- oder Platinblech gleichzeitig in ein mit verdünnter Salzsäure gefülltes Gefäß eintaucht. So lange beide Streifen sich nirgends berühren, wird man nichts Besonderes wahrnehmen. So wie aber ein Streifen, sey es nun außerhalb oder innerhalb der Flüssigkeit, mit dem andern in Berührung gesetzt wird, wird der vorhin beschriebene Erfolg eintreten, d. h. die lebhafteste Gasentwickelung wird vom negativen Metalle aus beginnen.

Der Erfolg dieser Versuche ist auf nachstehende Weise zu deuten. So lange das Zink, ohne mit einem negativen Metalle in Berührung zu seyn, blos in die verdünnte Salzsäure hineinreicht, findet blos die schwache chemische Wirkung zwischen beiden Statt, welche der Verdünnungsgrad der Salzsäure zuläßt. Im Augenblicke aber, wo Zink mit dem negativen Metalle in Berührung kommt, ist auch die Bildung einer einfachen Kette gegeben, und das negative Metall, indem es den positiven Bestandtheil der Flüssigkeit, den Wasserstoff, das Zink, indem es ihren negativen Bestandtheil, den Sauerstoff und die Säure mit verstärkter Kraft anzieht, unterstützen sich nun wechselseitig in Zersetzung der Flüssigkeit. In der That sind es Wasserstoffgasblasen, die sich in diesem Fall vom negativen Metall erheben (wie man durch Auffangen mittelst einer geeigneten Vorrichtung nachweisen kann), während das Zink sich oxydirt und auflöst. Das negative Metall selbst erfährt dabei keine sichtliche Veränderung.

Weit mannichfaltigere und mehr ins Große gehende chemische Erscheinungen lassen sich jedoch durch Anwendung von Säulenapparaten hervorbringen, zu deren Erörterung wir uns jetzt wenden wollen.

Da der einfachste und wichtigste Fall dieser chemischen Wirkungen die Zersetzung des Wassers betrifft, so werden wir mit ihrer

Betrachtung den Anfang machen, um nachher auch das, was hinsichtlich der übrigen Körper zu erinnern ist, hinzuzufügen.

Durch Zusammenfassung der Beobachtungen über die Wasserzersetzung durch die Volta'sche Säule hat sich Folgendes ergeben:

Wenn Wasser in den Kreis einer Volta'schen Säule gebracht wird, so erfolgt an beiden Polen Zersetzung desselben, in der Art, daß der Sauerstoff am positiven Pol bleibt und selbst vom negativen nach dem positiven Pole hingeführt wird, und entsprechend der Wasserstoff sich am negativen Pole ansammelt, weshalb man auch wohl den positiven Pol der Säule Sauerstoffpol, den negativen Wasserstoffpol zu nennen pflegt. Beide Gasarten entbinden sich von ihren respectiven Polen aus, wenn die Metalle, wodurch diese Pole repräsentirt werden, keiner Verbindung mit ihnen fähig sind, dahingegen sich im andern Falle Oxyde und Wasserstoffmetalle bilden. Von den zersetzten Bestandtheilen des Wassers verbindet sich stets ein kleiner Antheil Sauerstoff mit dem Stickstoff der im Wasser enthaltenen atm. Luft zu Salpetersäure, und ein kleiner Antheil Wasserstoff ebenfalls mit dem Stickstoff zu Ammoniak, von welchen jene sich ebenfalls am positiven Pole, letzteres am negativen Pole ansammelt. Durch Auflösung anderer zersetzbarer Stoffe in Wasser wird bis zu gewissem Grade seine Zersetzung verstärkt (indem hiedurch die Wirksamkeit der ganzen Kette zunimmt); wenn jedoch die Auflösung sehr concentrirt wird, so nimmt in vielen Fällen die Gasentwickelung ab, indem dann die zersetzende Kraft durch die anderweiten Substanzen zu sehr in Anspruch genommen zu werden scheint, in manchen Fällen auch deshalb, weil die Bestandtheile des zersetzten Wassers, anstatt sich gasförmig zu entbinden, mit den anderweiten Zersetzungsproducten neue tropfbare oder feste Verbindungen eingehen, wie überhaupt diese Bestandtheile, indem sie aus ihren Verbindungen hervortreten, eine weit größere Neigung zeigen, mit andern in ihre Berührung kommenden Stoffen Verbindungen und Zersetzungen einzugehen, als wenn sie mit denselben außer dem Einfluß der Kette zusammengebracht würden. Neue Substanzen, deren Bestandtheile nicht zuvor schon im Wasser enthalten gewesen wären, werden bei der Wasserzersetzung nicht erzeugt, wie man vordem gemeint hatte.

Es ist jetzt nöthig, diese Umstände in der Erfahrung nachzuweisen, und wir wollen zu diesem Zweck den Anfang damit machen, die Verfahrungsarten zu beschreiben, mittelst deren sich die Wasserzersetzung am bequemsten beobachten läßt.

Wenn es blos darauf ankommt, die Gasentwickelung aus Wasser durch die Polardrähte einer Volta'schen Säule überhaupt sichtbar zu machen, ohne die Gasarten selbst aufzufangen oder zu messen, so ist dazu kein besonderer Apparat erforderlich. Es reicht hin, die Drähte in irgend eine Flüssigkeit gemeinschaftlich, und so daß ihre Enden nicht zu weit von einander abstehen, eintauchen zu lassen, so wird

man sowohl vom negativen als vom positiven Drahte, so weit er eingetaucht ist, einen Strom Gasblasen aufsteigen sehen, der jedoch reichlicher am negativen Draht als am andern ist, weil das Wasser ein doppelt so großes Volumen Wasserstoff als Sauerstoff enthält, der Wasserstoff aber, als der elektropositive Bestandtheil, sich am negativen Drahte entbindet. Es ist hiebei vorausgesetzt, daß die Leitungsdrähte aus einem nicht in Wasser oxydirbaren Metall, als Silber, Gold, Platin bestehen; wenn sie aus Eisen oder Zink verfertigt wären, so würde blos der negative Draht Gas geben, indem der Sauerstoff am positiven Draht zur Oxydirung des Leitungsdrahtes verwandt werden würde.

Am häufigsten zu diesem Zwecke bedient man sich einer, mit Wasser gefüllten, an beiden Enden mit Korkstöpseln verschlossenen, Glasröhre, durch deren Stöpsel Drähte hindurchgehen, so daß ihre Spitzen im Wasser ziemlich genähert sind, während ihre äußern hervorragenden Enden mit den Polen der Säule in Verbindung gesetzt werden (Fig. 50).

Ein andres ist es, wenn man bezweckt, die durch die Zersetzung entstandenen Gasarten aufzufangen oder zu messen, und hier muß man wieder den Fall unterscheiden, ob die Gasarten von beiden Leitungsdrähten gemeinschaftlich aufgefangen werden sollen, oder von jedem Leitungsdrahte besonders.

Sollen beide Gasarten gemeinschaftlich aufgefangen werden, so kann man z. B. so verfahren, daß man die Leitungsdrähte durch den Boden eines Gefäßes senkrecht in die Höhe gehen läßt, so daß ihre Enden in paralleler Richtung ein Stück über den Boden emporragen, darauf das Gefäß mit Wasser füllt und über die Drahtenden selbst eine ebenfalls mit Wasser angefüllte Glocke umstürzt. In dem Maße nun, als sich das Gas von den Leitungsdrähten entbindet, steigt es in die Höhe und verdrängt dadurch das Wasser aus der Glocke.

Ein solcher Apparat ist der in Fig. 51 vorgestellte, in welchem die Drähte P, N durch einen Pfropf hindurchgehen, der die unten etwas weitere Mündung des Trichters EE verschließt.

Zu Versuchen, bei welchen man bestimmen will, welche Zeiten erfoderlich sind, um eine und dieselbe Gasquantität durch Wasserzersetzung zu entwickeln, kann sehr zweckmäßig ein einfacher von Bischof angegebener Apparat dienen (Fig. 52).

Derselbe besteht aus einer heberförmig gebogenen Röhre, in welche von oben ein eingeschmolzener Platindraht P vertical hinabreicht. Ein anderer Platindraht N ist horizontal eingeschmolzen, so daß er im Niveau mit der untern Spitze des Drahts P ist, ohne doch ihn zu berühren. Die Röhre wird mit Wasser gefüllt und mittelst ihrer Drähte in den Kreis einer wirksamen Säule gebracht. Da nun die Wasserzersetzung nur so lange fortdauern kann, als die Spitze des obern Drahtes im Wasser sich befindet, so wird der

Prozeß ſtets aufhören, wenn der Waſſerſpiegel durch die fortgehende Zerſetzung bis zu dieſer Spitze herabgeſunken iſt. Befeſtigt man daher dieſe Glasröhre bei allen Verſuchen in verticaler Richtung, und verhütet man, wenn der Prozeß ſchon im Aufhören begriffen iſt, irgend eine zufällige Erſchütterung, ſo wird die ſich entwickelnde Gasmenge bei allen Verſuchen genau dieſelbe ſeyn; vorausgeſetzt, daß Barometerſtand und Thermometerſtand ſich im Laufe der Verſuche in keinem beträchtlichen Grade ändern, welches dann eine Reduction der Beobachtungen auf einander nöthig machen würde. Noch zweckmäßiger könnte man, wie Biſchof bemerkt, die Röhre ſo einrichten, daß der offene Schenkel bis zum Niveau des horizontalen Drahts heraufreichte. In dieſem Falle würde das ſich entwickelnde Gas ſtets gleiche Dichtigkeit mit der äußern Luft haben, und die erfoderliche Reduction wegen des Barometerſtandes dadurch vereinfacht werden. Die erſte Einrichtung, wo das Waſſer in dem Maße, als das Gas ſich im obern Raume des zugeſchmolzenen Schenkels entwickelt, aus dem offnen kürzern Schenkel ausläuft, hat Biſchof mit großem Vortheil zu der S. 205 angegebnen Verſuchsreihe benutzt. Er bemerkt, daß die Waſſerzerſetzung, wenigſtens bei einer kräftigen Säule, in einem Nu aufhöre, ſo daß man auch nicht um ½ Secunden in Ungewißheit bleibe, welches eine große Präciſion dieſes Verfahrens erlaubt.

Hat man die Abſicht, beide Gasarten beſonders aufzufangen, ſo kann hiezu folgender Apparat von Simon dienen * (Fig. 53).

Eine gebogene Röhre ACB, die man mit der zu zerſetzenden Flüſſigkeit angefüllt, wird an ihren beiden Oeffnungen A und B mit guten Korkſtöpſeln verſehen, in welchen die nöthigen Drähte und Entbindungsröhren luftdicht eingekittet ſind. Da dieſer Apparat an beiden Seiten offen iſt, und alſo gefüllt als Heber wirken muß, ſo iſt es, beſonders in einigen Fällen, nöthig, darauf zu ſehen, daß der Waſſerſtand auf beiden Seiten in den Gefäßen D und D' immer gleich hoch erhalten werde, damit nicht auf der einen Seite die Fl. aus der gekrümmten Röhre trete und auf der andern das Sperrwaſſer in ſie eindringe. Die Regulirung hiebei verurſacht jedoch nicht viel Mühe, da jedenfalls die Gaserzeugung nicht ſo ſchnell vor ſich geht, um Veränderungen der Waſſerhöhe zu verurſachen, die eine ununterbrochene Aufmerkſamkeit erfodern.

Noch einfacher und zweckmäßiger jedoch iſt ein Apparat, welcher dem in Fig. 51 dargeſtellten ganz ähnlich iſt, nur daß man, anſtatt über beide Drähte gemeinſchaftlich, über jeden Draht beſonders eine Glasglocke ſtürzt, wo ſich dann das Waſſerſtoffgas unter der einen, das Sauerſtoffgas unter der andern Glocke anſammeln wird **.

---

* Gilb. VIII. 25.

** Vgl. auch die zu dieſem Behuf angewandten Apparate von Desormes in Gilb. IX. 26., und von Hildebrand in Gilb. XXI. 259.

Umstände, welche von Einfluß auf die Wasserzersetzung sind. — Wir sprechen hier nicht von Neuem von den allgemeinen Umständen, als Zahl und Größe der Plattenpaare, Beschaffenheit und Temperatur der feuchten Leiter u. s. w. in der Säule, welche, indem sie die Wirksamkeit der Kette überhaupt verstärken oder schwächen, auch die Wasserzersetzung durch dieselbe verstärken oder schwächen müssen, da hievon schon hinlänglich die Rede gewesen ist, blos einige specielle Umstände mögen hier betrachtet werden, welche, wenn sie auch ebenfalls unter jenen allgemeinen Umständen inbegriffen seyn sollten, doch bei der Wasserzersetzung durch die Säule besonders in Betracht kommen.

Die Entfernung der Spitzen der in die Flüssigkeit tauchenden Leitungsdrähte von einander ist von thatsächlichem Einfluß auf die Stärke der Wasserzersetzung, was schon von den ersten Beobachtern dieser Zersetzung, Carlisle und Nicholson bemerkt, und nachher von vielen andern * bestätigt worden ist. Die Zersetzung nimmt nämlich mit Entfernung der Leitungsdrähte ab, so daß sie bei sehr großer Entfernung sogar ganz null wird, mit Näherung dagegen zu. Marechaux u. a. fand, daß entbunden wurden in gleichen Zeiten

Maße Gas	23	23	21	16
Bei Entf. der Drahtspitzen	1'''	3'''	5'''	8'''

Bucholz will zwar die Erfahrung gemacht haben, daß die Wasserzersetzung nicht bis ins Unbegränzte mit der Näherung der Drahtspitzen wachse, indem, als er bei hinlänglicher Wirksamkeit seiner Säule die Polardrähte einander bis auf 1 oder 1½ Linien näherte, keine Spur von Gasentwickelung erfolgte, die sich doch sogleich einstellte, sobald die Drähte 2 bis 3 Lin. von einander entfernt waren. Indeß steht diese Beobachtung von Bucholz ganz vereinzelt da, und Ritter ** versichert selbst, bei einer starken Batterie öfters gesehen zu haben, daß, wenn auch die goldenen Polardrähte in der Wasserzersetzungsröhre sich wirklich, aber nur in sehr wenig Puncten, berührten, dennoch etwas Gas fortdauernd erschien. Erst, wenn sie durch stärkern Druck an einander gebracht wurden, so daß die Berührungspuncte sich vermehrten, verschwand die Gasentbindung.

Daß bei wirklich genauer Berührung der Polardrähte keine Wasserzersetzung mehr Statt habe, ist übrigens leicht erklärlich, da sich die El. dann durch die zusammenhängenden Drähte frei neutralisiren kann, ohne auf das Wasser zu wirken.

Bei hinlänglich starken Säulen kann die Entfernung der Leitungsdrähte sehr groß werden ohne Unterbrechung der Gasentbin-

---

* Marechaux (Gilb. XI. 125; Bischof (Kastn. Arch. IV. 65); Ritter (Gilb. IX. 306); Bucholz (Gilb. IX. 440); Sömmerring (Schweigg. J. II. 223.)

** Phys. chem. Abh. II. 342.

dung. Erman *, als er zwei Röhren von beträchtlicher Länge, in welche Platindrähte reichten, durch eine mit Waſſer gefüllte heberförmige Röhre verband, erhielt noch durch eine Säule von 100 Zink-Kupferpaaren Gasentbindung an beiden Drähten, ungeachtet ihre Enden um 18 Fuß von einander entfernt waren.

Auch die Verkürzung des in die Fl. eingetauchten Theils der Leitungsdrähte über einen gewiſſen Grad hinaus ſchwächt die Gasentbindung, wenn gleich ihre Spitzen in demſelben Abſtand von einander bleiben, was ſich dadurch erreichen läßt, daß man ſie, wie in dem (in Fig. 51) vorgeſtellten Apparate, mit einander parallel in die zu zerſetzende Fl. hineintragen läßt. So erhielten Gay-Luſſac und Thénard ** folgende Reſultate. Als die Platin-Leitungsdrähte ihres Zellenapparats in dem mit der zu zerſetzenden Fl. (gewöhnliche Salpeterſ. mit 8 Vol. Waſſer verdünnt) gefüllten Trichter bis zu ungefähr 8 Centim. der Länge parallel mit einander hineintrugen, entbanden ſich (in 2 Min.) im Mittel aus 5 Verſuchen 149 Maß Gas; als die beiden Platindrähte im Trichter auf 4 Centimeter verkürzt wurden, bei übrigens gleich bleibenden Umſtänden, entbanden ſich nach einem Mittel aus 5 Verſuchen 156 Maß Gas. Bis jetzt ſchien alſo eher Verſtärkung als Schwächung der Wirkung durch die Verkürzung zu erfolgen. Wie nun aber beide Drähte auf 2 Centimeter verkürzt wurden, betrug das Mittel aus 5 Verſuchen nur 65 Maß Gas. Der Säure im Trichter wurde darauf ſehr viel mehr Säure gegeben und nun wurden wieder 169 Maß Gas erhalten.

Nach Steffens *** ſind auch folgende Umſtände von Einfluß auf die Gasentbindung. — Wenn die Spitzen der Polardrähte nicht ringsum frei in die Flüſſigkeit hineintragen, ſondern ſich an die Wände der Glasröhre lehnten, war die Gasentwickelung augenſcheinlich viel geringer. — Zwei ſehr dicke Stahldrähte gaben in einer Röhre voll Waſſer, ſo lange ſie ſtumpf waren, nur ſehr wenig Gas, augenſcheinlich mehr, als ſie ſpitz gefeilt wurden †. — Einen andern Einfluß glaubt Steffens darin bemerkt zu haben, daß die perpendiculäre oder der Säule conforme Richtung der Polardrähte die vortheilhafteſte ſey ††.

Nach der Theorie, welcher zufolge die Polardrähte beſtehen, iſt von Einfluß auf die Waſſerzerſetzung. Die Erfahrungen haben im Allgemeinen gelehrt, daß dieſelbe um ſo mehr befördert wird,

---

* Gilb. VIII. 26.

** Gilb. XXXVIII. 137.

*** Gilb. VII. 522.

† Hinſichtlich chemiſcher Erfahrungen über den Einfluß der Spitzenwirkungen bei chemiſchen Zerſetzungen vergl. Ohm in Kaſtn. Arch. XVI. 66.

†† Dies dürfte wohl auf Täuſchung beruhen.

je poſitiver das am Sauerſtoffpol, und je negativer das am Waſſerſtoffpol angebrachte Metall iſt, ſo daß ein Polardraht von Zink am poſitiven Pol, ein anderer von Platin am negativen Pol am günſtigſten ſeyn möchte; daß aber, wenn man Drähte von demſelben Metall zu beiden Leitungsdrähten nehmen will, Drähte aus poſitiven Metallen den Vorzug vor negativen verdienen. Wie ſehr durch Verſchiedenheit der Polardrähte am poſitiven Pole die Größe der Waſſerzerſetzung modificirt werden könne, lehren namentlich die Verſuche von Marechaux *, welcher bei Anwendung von Polardrähten aus verſchiedenen Metallen am poſitiven Pole, während der negative ſtets mit Meſſingdraht armirt blieb, bei übrigens gleichgehaltenen Umſtänden, durch einen goldenen Polardraht in derſelben Zeit blos 2½ Maß Waſſerſtoffgas erhielt, in welcher ein ſtählerner 12 und einer von Zink 20 Maß Waſſerſtoffgas erzeugte **.

Dem erſten Anblick nach ſcheinen dieſe Erfahrungen ſchwer erklärbar; denn nach dem, was früher erörtert iſt, wird, wenn wir z. B. zwei Kupferdrähte an die Pole anbringen, hiedurch eigentlich nur ein einziges entgegengeſetztes Element in die Säule gebracht. Allein es muß berückſichtigt werden, daß die negativen Drähte ſich im Verlaufe des Geſchloſſenſeyns der Kette laden, ein Ladungszuſtand, der um ſo bedeutender werden kann, je ſtärker die Säule wirkt und je dünner die Drähte ſind, weil ſich dann der Strom in ihnen mehr concentrirt. Der S. 278 angeführte Verſuch dient dieſer Erklärung zur Beſtätigung.

Durch große Enge der Röhren, in welche das zu zerſetzende Waſſer eingeſchloſſen wird, kann die Gaszerſetzung ebenfalls bedeutend geſchwächt oder ſelbſt ganz aufgehoben werden.

Als Wilkinſon *** die Platindrähte einer Säule aus 270 Platten (paaren?) mit Waſſer in einer ½ Zoll weiten Röhre bei 6 Zoll Abſtand ihrer Spitzen in Verbindung ſetzte, gieng die Waſſerzerſetzung unter langſamer Entbindung von Gas an beiden Spitzen vor ſich. Steckte er aber die beiden Platindrähte in eine feine Glasröhre voll Waſſer, deren Oeffnung nur $\frac{1}{10}$ Zoll im Lichten hatte, ſo zeigte ſich nicht eher irgend eine Wirkung, als bis die Spitzen einander bis auf ½ Zoll genähert waren, und auch da entband ſich nur eine einzelne Blaſe, die an dem negativen Draht unverrückt ſitzen blieb. — Dieſe Wahrnehmung, daß Waſſer in ſehr engen Röhren nicht zerſetzt wird, beſtätigt auch Sylveſter †.

---

* Gilb. XI. 126.

** Vergl. auch Bucholz in Gilb. IX. 438; Ritter in Voigts N. Mag. II. 370; Gehlen J. IV. 622.; cf. Syſt. d. K. S. 171. — Schweigger in Gehlen J. IX. 319. — Nach Sömmerring (Schweigg. J. II. 222) ſollen Platindrähte verhältnißmäßig weniger Waſſerſtoffgas gegen Sauerſtoffgas entwickeln, als Goldbrähte; das Verhältniß bei erſteren ſey wie 23 : 11; bei letztern wie 23 : 7.

*** Gilb. XXIII. 270.

† Gilb. XXIII. 271. — Vergl. auch Pfaff in Gehlers Wörb. IV. 606.

Ob die zur Waſſerzerſetzung angewandte Säule an einem Pole iſolirt ſey oder nicht, hat Biſchof* für den Erfolg gleichgültig gefunden; wie wir überhaupt ſchon wiſſen, daß alle Wirkungen der geſchloſſenen Kette unabhängig von ihrer Iſolirung oder Nichtiſolirung an einzelnen Stellen ſind.

In hermetiſch verſchloſſenen Gasapparaten vermag man nach Simon's Verſuchen** keine Zerſetzung des Waſſers zu bewirken. Schließen jedoch die Fugen des Gasapparats nicht gut oder ſchließen ſie mittelſt eines Körpers, der nicht hinlänglichen Widerſtand leiſtet, z. B. mittelſt bloßen Siegellackkittes, ſo dauert allerdings die Gasentwickelung fort, indem dabei das Waſſer durch die nachgiebigen Stellen in feinen Tröpfchen durchgedrückt wird, wie dies aus Voigt's Verſuchen*** erhellt****.

Ueber den Einfluß der im Waſſer aufgelöſten Subſtanzen auf die Größe der erfolgenden Waſſerzerſetzung haben Davy †, Bucholz ††, Gay-Luſſac und Thénard †††, und Förſtemann †††† Verſuche angeſtellt. Aus dieſen Verſuchen hat ſich jedoch kein anderes Geſammtreſultat ergeben, als daß die Größe der Waſſerzerſetzung in keinem beſtimmten Verhältniß zum ſogenannten Leitungsvermögen ſteht, welches die Flüſſigkeit durch die Zumiſchung der Subſtanzen erhält, ſo daß eine ſtärkere Zumiſchung manchmal die Waſſerzerſetzung ſchwächen kann, wenn eine geringere ſie verſtärkt hatte. So entbanden ſich in Gay-Luſſac und Thénard's Verſuchen aus geſättigter Salpeterauflöſung in derſelben Zeit blos 28 Maß Gas, wo ſich aus der mit ihrem gleichen Volumen Waſſer verdünnten 47 Maß Gas, aus deſtillirtem Waſſer aber nicht einmal 1 Maß entband. Bei einer Auflöſung des ſchwefelſauren Natrons nahm die Gasentwickelung annäherungsweiſe wie die Cubikwurzeln der aufgelöſten trocknen Salzmenge zu; bei andern Salzen wurden wieder ganz andre Verhältniſſe erhalten, die übrigens unſtreitig mit davon abhängen, in welchem Verhältniß der Geſammtwiderſtand der Kette durch die Beimiſchung der Subſtanzen zur Flüſſigkeit verrin-

---

* Kaſtn. Arch. IV. 47.

** Gilb. X. 297.

*** Gilb. X. 299.

**** Chemiſche Wirkungen, welche eine Gasentwickelung zur Folge haben, vermögen überhaupt nicht von Statten zu gehen, wenn ein hinlänglich ſtarker Druck dieſe Gasentwickelung verhindert. So, wenn man eine, mit einem Hahn zum Verſchließen verſehene, Bombe mit Waſſer, Zink und Schwefelſäure füllt, platzt die Bombe nicht, ſondern die Entwickelung des Waſſerſtoffgaſes hält ein, wenn die Spannkraft des entwickelten Gaſes der Kraft, womit es aus der Miſchung entwickelt zu werden ſtrebt, das Gleichgewicht hält. Babinet glaubt hierauf ein Mittel gründen zu können, die Größe chemiſcher Actionen zu meſſen (Pogg. Ann. XII. 573).

† Gilb. VII. 176.

†† Gilb. VII. 331.

††† Gilb. XXXVIII. 134.

†††† Kaſtn. Arch. IV. 90.

gert wird, ſo daß man bei andern Apparaten ſelbſt mit derſelben Flüſſigkeit nicht dieſelben Verhältniſſe wieder zu finden erwarten darf.

Es mag genügen, zum nähern Erweiſe, daß wirklich die Gasentbindung aus verſchiedenen Flüſſigkeiten in keinem Verhältniß zu ihrem Leitungsvermögen ſteht, die Reſultate der in dieſer Hinſicht genaueſten Verſuche Förſtemann's anzuführen. Seine Reſultate ſind in folgender Tabelle enthalten, in welcher die, in einer beſtimmten Zeit aus reinem Waſſer entwickelte, Gasmenge als Einheit geſetzt iſt. Die den verſchiedenen Flüſſigkeiten in Klammern beiſtehenden Zahlen zeigen an, wie ſie hinſichtlich ihres Leitungsvermögens nach den (S. 234) beſchriebenen Verſuchen auf einander folgen, um ſogleich die Vergleichung zu geben.

		Spec. Gewicht.	Gasmengen in gleichen Zeiten.
(2)	Eſſigſäure.	1,024	1,208
(10)	Waſſer	1,000	1,000
(4)	Ammoniackflüſſigkeit .	0,936	0,912
(7)	Kalilauge	1,172	0,885
(6)	Schwefelſäure . . .	1,848	0,779
(5)	Salmiacklöſung . . .	1,064	0,722
(8)	Kochſalzlöſung . . .	1,166	0,549
(1)	Salzſäure	1,126	0,529
(3)	Salpeterſäure . . .	1,236	0,391
(9)	Bleizuckerlöſung . .	1,132	0,000

Das Waſſer gab alſo bei dieſen Verſuchen nächſt der Eſſigſäure das meiſte Gas, ob es gleich unter allen dieſen Flüſſigkeiten am ſchlechteſten leitet; dagegen gaben Salzſäure und Salpeterſäure, die als gute Leiter bekannt ſind, nur ſehr wenig Gas und Bleizuckerlöſung gar keins.

Förſtemann ſtellte jetzt auch Verſuche mit einigen der obigen Flüſſigkeiten in verſchiedentlich verdünntem Zuſtande an, ganz auf dieſelbe Weiſe, wie oben. Es zeigte ſich, daß dieſelben ſich hierbei auf zweifache Art verhielten; indem zwar bei den meiſten derſelben die Gasentwickelung mit Verdünnung derſelben von ihrem Concentrationszuſtande an bis zu gewiſſen Gränzen zunahm, bei einigen aber auch der entgegengeſetzte Fall eintrat, alſo die Gasentwickelung um ſo mehr abnahm, je mehr die Fl. verdünnt wurde.

1) Flüſſigkeiten, in denen die Gasentwickelung mit ihrer Verdünnung zunahm.

	Gehalt.	In gleichen Zeiten entwickelte Gasmengen.
Kochſalzlöſung	30 pCt. Kochſalz	0,55
	15	0,59
	5	0,62
	1	0,87
	0,5	0,81
Schwefelſäure	79 pCt. waſſerfreie Schwefelſäure	0,76
	15	0,87
	1,5	0,99
	0,8	0,93
Kalilauge	30 pCt. Kali	0,87
	1	0,94
	0,3	0,91

2) Flüſſigkeiten, in denen die Gasentwickelung mit ihrer Verdünnung abnahm.

	Gehalt.	In gleichen Zeiten entwickelte Gasmengen.
Eſſigſäure	13 pCt. waſſerfrei gedachte Eſſigſ.	1,18
	2,5	1,02
	0,5	0,95
Ammoniack	18 pCt. Ammon.	1,15
	3	0,86
	0,4	0,67

In denjenigen Flüſſigkeiten alſo, welche in ihrem concentrirten Zuſtande weniger Gas gaben, als reines Waſſer, nahm die Gasentwickelung zwar mit ihrer Verdünnung zu, erreichte aber dennoch nicht die Stärke wie in reinem Waſſer, ja es ſchien ſogar, daß mit einer noch größern Verdünnung die Gasentwickelung wieder abnahm.

In einer Kochſalzlöſung von 1 Proc. entwickelte ſich 0,87 Gas, indeß ſich in derſelben Zeit aus einer noch einmal ſo verdünnten Löſung nur 0,81 Gas entwickelte. In einer Schwefelſäure von 1,5 Proc. entwickelte ſich faſt eben ſo viel Gas wie in reinem Waſſer, war die Flüſſigkeit noch verdünnter, ſo nahm die Gasentwickelung wieder ab. Faſt daſſelbe war der Fall in Kalilauge.

Dagegen ließ es ſich erwarten, daß in ſolchen Flüſſigkeiten, welche in ihrem concentrirten Zuſtande mehr Gas gaben als reines Waſſer, die Gasentwickelung durch Verdünnung abnehmen würde. Als eine ſolche Flüſſigkeit hatte ſich in den frühern Verſuchen blos die Eſſigſäure gezeigt, nach den eben angeführten Verſuchen aber entwickelte ſich auch in Ammoniack mehr Gas, als in reinem Waſſer, indem daſſelbe früher nur faſt eben ſo viel Gas als Waſſer gegeben hatte. Durch Verdünnung nahm in dieſen beiden Flüſſigkeiten die Gasentwickelung ab, und zwar nicht blos bis zu dem Puncte, wo dieſelbe derjenigen in reinem Waſſer gleich geweſen wäre, ſondern noch über dieſen Punct hinaus; ſo daß, wenn ſie ſehr verdünnt wurden, ſich in ihnen noch weniger Gas entwickelte als in reinem Waſſer. Beſonders auffallend zeigte ſich dies beim Ammoniack, in welchem, in ſeinem verdünnteſten Zuſtande, ſich nur etwas mehr als die Hälfte derjenigen Gasmenge entwickelte, welche in derſelben Zeit in reinem Waſſer erzeugt wurde. Dies hat ſeinen Grund nach Förſtemann vielleicht darin, daß in ſehr verdünntem Ammoniack eine ganz andere Zerſetzung eintritt als in concentrirtem; denn während in jenem der Platindraht, welcher als Waſſerſtoffpol diente, ſchwarz wurde, wurde an demſelben in dieſem keine Veränderung bemerkt.

Noch wurden Verſuche mit verſchieden verdünnter Bleizuckerlöſung angeſtellt; aber erſt als 1 Theil Bleizucker in 100 Theilen Waſſer gelöſt war, zeigte ſich am Sauerſtoffpol eine ſchwache Gasentwickelung.

Nicht außer Acht zu laſſen ſind noch folgende Bemerkungen Förſtemann's. In conc. Schwefelſäure entwickelte ſich am negativen Pol zwar nur wenig Gas, es ſchien ſich aber Schwefel auszuſcheiden; in mehr verdünnter Schwefelſäure dagegen nahm die Gasentwickelung am negativen Pole zu, es erſchien aber kein Schwefel mehr, ſondern dieſer verband ſich jetzt mit dem ausgeſchiedenen Waſſerſtoffe zu Schwefelwaſſerſtoff *, welcher ſich durch den Geruch ſehr deutlich zu erkennen gab.

Daß auch durch Temperaturerhöhung der zu zerſetzenden Flüſſigkeit die Gasentbindung bedeutend verſtärkt werden könne, fanden Gay-Luſſac und Thénard ** durch folgende Erfahrung. Als ſie in den Trichter (vergl. S. 344) worin die Waſſerzerſetzung vor ſich gieng, ſchwach geſalzenes Waſſer von 10° C. goſſen, bekamen ſie in 20 Minuten 38 Maß Gas; als aber die Temperatur des Waſſers auf 55° C. erhöht wurde, erhielten ſie in derſelben Zeit 68 Maß Gas.

---

* Daß dies nicht in conc. Schwefelſäure geſchieht, möchte daher rühren, daß concentrirte (nicht aber verdünnte) Schwefelſ. und Schwefelwaſſerſt. ſich wechſelſeitig zerlegen.

** Gilb. XXVIII. 141.

Nähere Umſtände und begleitende Erſcheinungen der Waſſerzerſetzung. — Es war durch Verſuche auszumitteln, ob die Zerſetzung wirklich an beiden Polen der Volta'ſchen Säule vor ſich geht, oder nur an einem derſelben. Dies hat de la Rive * durch folgende Verſuche gethan. Er theilte eine an beiden Enden verſchloſſene Röhre von ungefähr 1 Zoll Durchmeſſer (welche horizontal gelegt ward) mittelſt zweier thieriſchen Blaſen in drei Abtheilungen. Jede Abtheilung communicirte mit einer verticalen Röhre von ziemlich feinem Durchmeſſer, beſtimmt, durch die Höhe, bis zu welcher in ihnen die Fl. ſtand, anzuzeigen, ob die Geſammtmaſſe der Fl. in der zugehörigen Abtheilung ſich vermindert oder vermehrt hatte. Die Poldrähte wurden in die beiden äußerſten Abtheilungen gebracht, und nachdem die Zerſetzung eine ziemlich lange Zeit hindurch von Statten gegangen war, die Höhen der Fl. in den beiden feinen Röhren mit denſelben Höhen vor dem Verſuch verglichen.

Dieſer Verſuch bietet einige Schwierigkeit dar. Reines Waſſer läßt ſich zu demſelben wegen einer nachher zu betrachtenden Impulſionserſcheinung, die es zeigt, nicht anwenden, und bei Salzauflöſungen tritt der Uebelſtand ein, daß die Baſis des zerſetzten Salzes, welche in die eine Abtheilung übergeführt wird, nicht daſſelbe Volumen mit der in die andre Abtheilung übergeführten Säure einnimmt, welcher Umſtand nicht zuläßt, das Verhältniß, in welchem in beiden Abtheilungen die Fl. durch Waſſerzerſetzung vermindert worden iſt, mit Genauigkeit nach dem Sinken des Niveau's in der verticalen Röhre zu ſchätzen.

Deſſenungeachtet ſah ſich doch de la Rive, indem er mit Berückſichtigung dieſes Umſtands eine große Anzahl von Verſuchen anſtellte, zu dem Schluß geführt, daß in der That an beiden Polen Zerſetzung erfolgt. So z. B. wenn er in die drei Abtheilungen des beſchriebenen Apparats bald eine Auflöſung von kohlenſaurem Kali, bald von Kochſalz brachte, ſah er das Volumen der Fl. blos in der Abtheilung ſich in merklichem Maße mindern, worein der poſitive Draht tauchte, weil der zerſetzte Theil wegen gasförmigen Entweichens der Säure hier nicht compenſirt wurde, dagegen die nicht gasförmige, zum negativen Drahte hingeführte, Baſis durch ihr Volumen eine ſolche Compenſation in der Abtheilung des negativen Drahts hervorbrachte. Andererſeits wenn eine Bleizuckerauflöſung angewandt wurde, fand Erniedrigung des Niveau's in der Röhre des negativen Drahts Statt, weil das Volumen des reducirten Blei's minder groß iſt, als das des zerſetzten eſſigſauern Salzes.

Als man die Gasentbindung aus Waſſer durch die Volta'ſche Säule zuerſt wahrnahm, konnte es noch nicht gleich als ausgemacht

* Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 196.

gelten, ob dieſes auch Sauerſtoffgas am poſitiven und Waſſerſtoffgas am negativen Pole ſey, und ob beide wirklich ſich in den zur Waſſerbildung erfoderlichen Verhältniſſen entbinden. Ueber die Beſchaffenheit der Gasarten an jedem Pole, und daß ſie wirklich von Waſſerzerſetzung herrühren, kamen jedoch ſchon die erſten Beobachter dieſer Erſcheinung, Carliſle und Nicholſon, ins Klare, und der Umſtand, daß ſie ſich wirklich in den zur Waſſerbildung erfoderlichen Verhältniſſen entbinden, wurde durch Simon's, Davy's und andrer Verſuche bald außer Zweifel geſetzt.

Simon * zeigte, daß das Gasgemeng, welches die Säule aus friſch gekochtem Waſſer entbindet, nicht nur ohne Rückſtand im Volta'ſchen Eudiometer über Queckſilber durch den el. Funken zu Waſſerdampf verbrennt, ſondern auch, daß der Gewichtsverluſt, welchen das Waſſer durch die Gasentwickelung erleidet, dem Gewichte des entwickelten Gaſes entſpricht **.

Ganz übereinſtimmend mit dieſen Reſultaten ſind auch die Verſuche Erdmann's ***, welcher eine Quantität Waſſers faſt ganz durch Zerſetzung in Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas verſchwinden machte.

Bei dieſen Verſuchen wurden die Gasportionen, welche ſich an jedem Pole entwickeln, nicht beſonders aufgefangen; es konnte daher zweifelhaft ſeyn, ob ſich auch wirklich am negativen Pol reines Waſſerſtoffgas, am poſitiven Pol reines Sauerſtoffgas in den zur Waſſerbildung mit einander erfoderlichen Verhältniſſen entbinde; und hierüber geben Davy's † Verſuche Aufſchluß.

Es muß hiebei bemerkt werden, daß, wenn das Waſſer, welches man dem Verſuche unterwirft, noch etwa Luft enthält, dieſe ſich zum Theil während des Zerſetzungsprozeſſes entbindet und die an jedem Pole entwickelten Gasarten verunreinigt. So fand Cruickſhank †† Stickgas in dem entwickelten Gasgemeng und bei beſonderer Unterſuchung des am negativen Pole entwickelten Gaſes demſelben $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{10}$ ſeines Volumens Sauerſtoffgas beigemengt, und auch Davy erhielt bei Verſuchen mit lufthaltigem Waſſer Reſultate, welche eine ſolche Verunreinigung anzeigten.

Als er dagegen Waſſer, das er 8 Stunden lang hatte kochen laſſen, in faſt noch ſiedend heißem Zuſtande in die Röhren füllte, in denen es zerſetzt werden ſollte, und nach dem Erkalten mit den Polen der

---

* Gilb. X. 282.

** Bei dieſem Verſuche muß der Waſſerdampf, den das entwickelte Gas aufnimmt, mit in Betracht genommen werden. Simon abſorbirte ihn durch eine Röhre voll Chlorcalcium, die in Gemeinſchaft mit dem Waſſer vor dem Verſuche gewogen war.

*** Gilb. XI. 211.

† Gilb. VII. 117.

†† Gilb. VII. 92.

Säule mittelst Golddrähten in Verbindung setzte *, so befanden sich nach 5 Stunden 56 Maß Gas in der Röhre der Silberseite, und 14 Maß in der Röhre der Zinkseite. Jene 56 Maß verminderten sich nicht mit Salpetergas und zeigten sich beim Abbrennen als reines Wasserstoffgas und diese 14 Maß waren unvermischtes Sauerstoffgas. In diesem Versuche erschien allerdings die Quantität des erhaltenen Sauerstoffgases viel geringer, als sie nach dem Verhältnisse, worin Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser gemischt sind, hätte seyn sollen. Dies rührte aber nur daher, weil ein Theil desselben von dem gekochten, nun nicht mehr mit Luft gesättigten, Wasser absorbirt ward. In der That, als Davy den Versuch so wiederholte, daß er die Röhre der Zinkseite mit gekochtem Wasser füllte, das über Quecksilber mit Sauerstoffgas so lange geschüttelt war, bis es mit diesem Gas gesättigt seyn konnte, entband in 7 Stunden der galvanische Prozeß in der Röhre der Zinkseite 27 Maß reines Wasserstoffgas und in der Röhre der Silberseite 57 Maß reines Wasserstoffgas, was nur in einem wenig bedeutenden Verhältnisse von dem Verhältnisse abweicht, worin Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser vorhanden sind.

Bei dem hier angeführten Versuch Davy's verdient ein Umstand unsre besondere Aufmerksamkeit: da sich blos Sauerstoffgas am negativen, Wasserstoffgas am positiven Pol entbunden vorfand, doch aber das Wasser an beiden Polen zersetzt wird, so mußte nothwendig der am negativen Pol frei gewordene Sauerstoff durch das Wasser hindurch zum positiven, der am positiven Pol frei gewordene Wasserstoff umgekehrt zum negativen Pol übergegangen seyn, um sich dort zugleich mit demjenigen Sauerstoff oder Wasserstoff zu entbinden, welche an diesem Pole selbst frei geworden waren. Von diesem merkwürdigen Ueberführungsvermögen des Volta'schen Kreises werden wir bald noch auffallendere Beispiele kennen lernen.

Nicht ohne Wichtigkeit ist der Umstand, daß man die Gasblasen stets nur unmittelbar von den Polardrähten der Säule sich erheben sieht, und zwar so weit sie in die Flüssigkeit tauchen; nie aber in einiger Entfernung von ihnen aus der Fl. selbst; auch bemerkt man in der Regel, daß, wenn der positive Leitungsdraht ein oxydirbares Metall ist, aller Sauerstoff des zersetzten Wassers an das Metall tritt, es zu oxydiren, und mithin gar kein Sauerstoff-Gas entbunden wird **; welche beide Umstände durch sehr allgemeine Erfahrungen bewährt worden sind.

---

* Es zeigten sich bei diesem Versuche an den Wänden der Röhren keine Luftblasen, welche aber bei dem vorigen Versuche mit lufthaltigem Wasser bemerkt wurden.

** Desormes (Bibl. IX. 25) führt an, daß Eisen- oder Kupferdrähte, als positive Polardrähte angewandt, stets auch einige Gasblasen entwickeln, nicht aber Drähte aus andern Metallen. Auch Berzelius erhielt aus einer Lösung

Dieſe Umſtände ſcheinen dem erſten Anblick nach mit Beſtimmtheit zu erweiſen, daß die Waſſerzerſetzung blos in unmittelbarer Berührung mit den Polardrähten vor ſich geht, ſich aber nicht in die Ferne durch die Flüſſigkeit hindurch erſtreckt. Allein es ſind Erfahrungen vorhanden, welche dieſen Schluß von einer andern Seite aus unzuläſſig machen; denn wir werden finden, daß die Zerſetzung eines Salzes, welche unſtreitig auf denſelben Gründen beruht, als die Waſſerzerſetzung, auch vor ſich geht, wenn man die Polardrähte in zwei mit anderer Flüſſigkeit gefüllte Gefäße tauchen läßt, dieſe Gefäße ſelbſt aber durch feuchten Asbeſt mit einem mittlern Gefäße in Verbindung ſetzt, welches die Salzauflöſung enthält; indem in der That nach einiger Zeit ſich die Baſis in dem Gefäße, in welches der negative Polardraht taucht, vorfinden wird, die Säure im Gefäße des poſitiven Drahts. Wir müſſen daher die Erklärung obiger Erſcheinungen in einem andern Umſtande ſuchen, und zwar in folgendem:

Da jedenfalls am negativen Pole auch Sauerſtoffgas durch das dort zerſetzte Waſſer frei wird, dieſes aber ſich durchaus erſt nachdem es bis in Berührung mit dem poſitiven Polardrahte gelangt iſt, aus der Flüſſigkeit zu entbinden vermag, ſo erhellt, daß ihm während ſeines Uebergangs vom negativen zum poſitiven Polardraht alle Neigung gemangelt haben muß, ſich zu entbinden, und daß es dieſe erſt durch ſeine Berührung mit dem poſitiven Drahte wiedererlangt, und eine ähnliche Betrachtung wird für das am poſitiven Pole frei werdende Waſſerſtoffgas gelten. Worauf dieſes Verſchwinden der Neigung, ſich zu entbinden, in der Mitte der Flüſſigkeit und das Wiedererlangen derſelben nach Berührung mit den Leitungsdrähten eigentlich beruhe, wollen wir hier unerörtert laſſen, da bei der Theorie der Zerſetzungen durch die Volta'ſche Säule davon die Rede ſeyn wird. Für jetzt können wir es als eine, aus einer ſichern Thatſache gezogene, Folgerung betrachten.

Als eine eigenthümliche Erſcheinung verdient angeführt zu werden, daß außer der Ueberführung der Beſtandtheile des Waſſers nach den entgegengeſetzten Polen auch unter gewiſſen Umſtänden eine Bewegung der ganzen Waſſermaſſe vom poſitiven nach dem negativen Pole beobachtet wird. Porret* wies dieſes zuerſt durch folgenden Verſuch nach.

Er theilte eine Schale durch eine Scheidewand von Thierblaſe in zwei Abtheilungen**, füllte die eine dieſer Abtheilungen mit

---

von ſalpeterſ. Kali Gas zugleich mit Oxydation am poſitiven Eiſendrahte. (Gilb. XXVII. 392). Nach den meiſten Erfahrungen jedoch erfolgt gar keine Gasentbindung am poſitiven Eiſen- oder Zinkdraht.

* Gilb. LXVI. 278.

** Die Glasſchale wurde in zwei gleiche Hälften nach einem größten Kreiſe zerſchnitten, über die Ränder des Schnittes der einen Hälfte eine Blaſe ausge-

Waſſer, welches ſelbſt nach mehrern Stunden nicht durch die andere Blaſe durchtrat; brachte nun auch einige Tropfen Waſſer in die andre Abtheilung, ſo daß deren Boden eben davon bedeckt ward, und verband den poſitiven Poldraht einer Batterie von 80 quadratiſchen Plattenpaaren von ½ Zoll Seite mit dem Waſſer in der erſtern, und den negativen Enddraht derſelben mit den wenigen Tropfen in der zweiten Zelle. Außer der gewöhnlichen, hiebei Statt findenden, Waſſerzerſetzung zeigte ſich nun das Phänomen, daß das Waſſer, wie vermöge eines, von der poſitiven nach der negativen Seite gehenden, Impulſes durch die Blaſe durchdrang, ſo daß nach weniger als ½ Stunde das Waſſer ſich in beiden Zellen im Niveau befand, ja zuletzt um ½ Zoll höher als in der poſitiven Zelle zu ſtehen kam. — De la Rive * hat dieſes Reſultat beſtätigt gefunden, doch bemerkt er, daß es nur für ſchlechtleitende Flüſſigkeiten, wie Flußwaſſer oder deſtillirtes Waſſer gelte, aber nicht für concentrirte Salzauflöſungen.

Zu den begleitenden Erſcheinungen der Zerſetzung des Waſſers durch die Volta'ſche Säule bei Anwendung eines ſolchen Waſſers, das nicht ganz von atmoſphäriſchem Stickſtoff befreit iſt, (und ſelbſt wiederholtes Auskochen vermag nicht, ihn ganz abzutrennen) gehört die Erzeugung von etwas Ammoniack und Salpeterſäure; die wohl auf nichts anderm beruhen möchte, als daß ſich ein kleiner Antheil von Waſſerſtoff einerſeits und Sauerſtoff andererſeits des zerſetzten Waſſers mit einem Antheil des vorhandenen Stickſtoffs verbinden.

Was zuvörderſt die Ammoniackbildung anlangt, ſo iſt ſie von vielen Chemikern auf mehr oder weniger unbeſtimmte Weiſe wahrgenommen worden **. Am beſtimmteſten ſcheint ſie Desormes *** beobachtet zu haben, wie aus den untenſtehenden Angaben erhellt †,

---

ſpannt, die beiden Stücke dann wieder in ihrer urſprünglichen Lage an einander befeſtigt, der Ueberfluß der Blaſe weggeſchnitten und die beiden Hälften der Schale durch Siegellack an einander gekittet.

* Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 196.

** Andeutungen über beobachtete Ammoniackbildung finden ſich von Giobert in Gehlen J. VII. 325; Davy in Gilb. VIII. 396: Cruickſhank Gilb. VII. 95; Pfaff Gilb. VII. 520.

*** Gilb. VII. 520.

† Desormes brachte eine Röhre mit deſt. Waſſer und grünem Kupferoxyd in die Kette. Nach einigen Stunden hatte ſich das Oxyd, das den negativen Draht berührete, ſchön blau gefärbt, wie Kupferammoniack. — In einer ſchwefelſauren Thonerdeauflöſ., die ſo weit geſättigt war, daß Kali oder Ammoniack ſogleich Kryſtalle (von Alaun) darin zum Anſchießen brachten, hatten ſich nach 9 Tagen, daß ſie in der Kette geweſen war, auf dem Platindrahte des negativen Pols kleine regelmäßige Oktaeder angeſetzt, ein Verſuch, der indeß nur Einmal angeſtellt wurde. — Nachdem recht reines deſt. Waſſer mehrere Tage lang in der Kette geweſen war, tröpfelte Desormes höchſt wenig (un atôme) Salzſäure hinzu und ließ es darauf verdampfen. Es blieb ein kleiner weißer ſalzähnlicher Niederſchlag zurück, der mit einem Tropfen Waſſer und ein wenig (durch Alkohol

und Davy's, zugleich die Salpeterſäurebildung betreffende, Verſuche lehren, daß in der That dieſe Bildungen nur auf Koſten von atmoſphäriſcher Luft geſchieht (Gilb. XXVII. 14).

Derſelbe ſetzte zwei hohle Kegel von Gold, mit deſtillirtem Waſſer gefüllt, durch Amianthſtreifen *, die mit deſt. Waſſer ausgekocht waren, mit einander, und durch Platindrähte mit den Polen der Säule in Verbindung. „Ich habe — ſagt er in Bezug auf die mit dieſer Vorrichtung angeſtellten Verſuche — keinen einzigen Verſuch gemacht, bei welchem ich nicht eine Säure erhalten hätte, welche die Eigenſchaften der Salpeterſäure zeigte; je länger der Prozeß dauerte, deſto größer war die Menge derſelben. ** — Auch das Ammoniack ſchien ſich ſtets in geringer Menge während der erſten Minuten in dem gereinigten Waſſer der Goldkegel zu bilden, erreichte aber bald ſein Maximum ***." — Um nun zu zeigen, daß die Anweſenheit von Luft wirklich Urſach dieſer Bildung ſey, brachte Davy die beiden Goldkegel mit dem gereinigten Waſſer in den Recipienten einer Luftpumpe, und pumpte dieſen ſo weit leer, daß er nur noch $\frac{1}{12}$ der anfänglichen Luftmenge enthielt und verband, vermöge einer beſondern Vorrichtung, die Kegel mit einer wirkſamen Säule aus 50 Plattenpaaren von 4 Quadratzoll Oberfläche. Dieſe Verbindung unterhielt er 18 Stunden lang und unterſuchte während derſelben von Zeit zu Zeit das Reſultat. Das Waſſer des negativen Gefäßes äußerte nicht die geringſte Wirkung auf ſchwach geröthetes Lackmuspapier; das Waſſer des poſitiven Gefäßes wirkte darauf in einem kaum wahrzunehmenden Grade. Eine ohne

---

bereiteten) feſten Kali zuſammengebracht ſogleich eine ſehr geringe Menge Ammoniack entwickelte, welches ſich durch ſeinen Geruch und die ſichtlichen Dämpfe, die es mit Salzſäure entwickelte, verrieth. Wurde zum Wiederholen dieſes Verſuchs dem Waſſer vor dem Verdampfen nicht ein Tröpfchen Salzſäure zugeſetzt, ſo zeigte ſich nur höchſt wenig Ammoniack. — Als deſtillirtes und ſtark gekochtes Waſſer durch Kupferdrähte mit der Säule verbunden wurde, bildete ſich viel Oxyd, und da man die Flüſſigkeit nach drei Tagen aus der Kette nahm, filtrirte und abdampfte, blieb ein weißes Salz zurück, welches durch ſalpeterſ. Silber ſtark gefällt wurde und mit Kalk oder Kali Ammoniack entwickelte. Auch bei Anwendung von Stahl- und Platindrähten wurden Spuren von Ammoniack und Salzſäure erhalten.

In allen dieſen Verſuchen wurde Berührung mit der äußern Luft ſorgfältig vermieden, Filtra und Gefäße waren mit der allergrößten Sorgfalt gewaſchen worden und jeder Verſuch wurde vielmal wiederholt.

* Verſuche, wo bei Anwendung thieriſcher Faſer als Verbindungsglied der Gefäße Ammoniackbildung beobachtet wurde, verdienen begreiflich hier keine Anführung.

** Es muß bemerkt werden, daß bei dieſem Verſuche die Luft Zutritt zu dem Waſſer hatte.

*** Davy findet eine ſehr einfache Erklärung des Umſtandes, warum ſich die Säure immerfort, das Ammoniack aber nur während der erſten Zeit bilde, darin, daß nach Prieſtley's Verſuchen der Waſſerſtoff, indem er ſich im Waſſer auflöſe, den Stickſtoff daraus austreibe, indeß Stickſtoff und Sauerſtoff im Waſſer mit einander aufgelöſt beſtehen.

Vergleich größere Menge von Säure hatte ſich zu gleicher Zeit in der Atmoſphäre gebildet und das wenige Stickgas, welches mit dem Waſſer in Berührung blieb, ſchien dieſer Wirkung zu entſprechen. — Davy wiederholte dieſen Verſuch noch einmal mit aller möglichen Vorſicht, richtete den Apparat auf die beſchriebene Weiſe vor, pumpte den Recipienten möglichſt luftleer, füllte ihn darauf mit Waſſerſtoffgas, das mit Sorgfalt bereitet worden war. Der Prozeß wurde 24 Stunden lang fortgeſetzt und am Ende dieſer Zeit erfolgte nicht die geringſte Farbenveränderung in präparirtem Lackmuspapier, weder in dem Waſſer der poſitiven, noch in dem Waſſer der negativen Seite. — Auch Bucholz * iſt es geglükt, bei Verſuchen mit deſtillirtem Waſſer und Ausſchluß der Luft die Erzeugung von Säure und Ammoniack zu verhüten.

Man kann es zum Theil auf Rechnung der angegebenen Bildung von Salpeterſäure und Ammoniack ſchreiben, daß Veilchenſyrup, wenn er mit dem Waſſer vermiſcht wird, ſtets ſich am poſitiven Pole röthet, am negativen grünt. Jedoch weit mehr noch als von jener Bildung, iſt dieſer Umſtand in der Regel abhängig von Zerſetzung der in jedem, nicht aufs Allerſorgfältigſte gereinigten, Waſſer und dem Pigmente ſelbſt vorhandenen Salze, namentlich Kochſalz, von denen der baſiſche Beſtandtheil zum negativen, der ſaure zum poſitiven Pol hinübergeht; ja wenn man Glasgefäße zum Einſchließen des Waſſers benutzt, ſo können ſelbſt dieſe etwas von ihren Beſtandtheilen zur Zerſetzung hergeben und ſo jene Erſcheinung veranlaſſen. Da man früher dieſe Umſtände nicht gehörig würdigte, ſo glaubte man, es könne ſich durch Einwirkung von Galvanismus auf ganz reines Waſſer Säure und Alkali, insbeſondere Salzſäure und Natron, erzeugen **, bis Davy *** durch ſehr ſorgfältige Verſuche darthat: 1) daß Waſſer, welches ohne beſondre Vorſichtsmaßregeln deſtillirt iſt, immer eine kleine Quantität Salztheile über-

---

* Gilb. IX. 451. — Erfahrungen über die Bildung von Salpeterſäure bei der Waſſerzerſetzung haben noch ferner gemacht; Cruikſhank (Gilb. VII. 94. 99.); Böckmann (Gilb. XII. 242); Pfaff (Gilb. VII. 520.). Ueber Andeutungen dieſer Bildung vergl. Cruikſhank Gilb. VII. 111.; Davy Gilb. VII. 125. XXVIII. 7. XXXII. 389; v. Arnim Gilb. VIII. 186; Böckmann Gilb. VIII. 152; Giebert Gehlen J. VII. 325; Erman Gilb. X. 15; v. Monza Gehlen J. II. 146.

** Vergl. Ritter in Gehlen J. I. 36. — Brugnatelli ibid. 54. (auch Gilb. XXIII. 177). — Will. Peel in Gehlen J. II. 116. — Henry ibid. 122. — Riffault ibid. 131. — Pacchioni ibid. 138 (auch Gilb. XXI. 108. XXII 211.). — Monza ibid. 142. — Beau de Lannay ibid. 150. — Sylveſter ibid. 152. 155. (auch Gilb. XXV. 107) — Wilkinſon ibid. 153. (auch Gilb. XXIV. 98) — Ratte ibid. 321. — Pfaff ibid. 335. 703. — Volta in Gehlen J. V. 68. — Nauche Gilb. XXIII. 463. XXIV. 391. — Bellani Gilb. XXIV. 394. — Simon Gilb. VIII. 36. IX. 386. auch Scherer J. VI. 42. — Parrot Gilb. XII. 64. — Bucholz Gilb. XI. 451. — Erman Gilb. XXII. 220. — Grunner Gilb. XXIV. 85.

*** Gilb. XXVIII. 1.

reißt, welche beim Galvaniſiren zerſetzt werden; 2) daß gläſerne Gefäße ſelbſt Subſtanzen zur Zerſetzung darzubieten vermögen, welche Täuſchung veranlaſſen können; 3) daß aber, wenn man gewöhnliches deſtillirtes Waſſer nochmals in einer ſilbernen Blaſe langſam abdeſtillirt und ſeine Zerſetzung in goldenen Gefäßen vornimmt, nur kaum merkliche Spuren von Alkali nach langer Zeit ſich darin bilden, die noch dazu durch Erhitzen verſchwinden, mithin auf Ammoniackerzeugung beruhen, und daß, wenn ſich eine Säure erzeugt, dies nur Salpeterſäure iſt, ebenfalls auf Koſten der Luft gebildet.

Durch dieſe Verſuche kann man die wirkliche Erzeugung chemiſcher Stoffe durch Einwirkung des Galvanismus vollkommen widerlegt halten; um ſo mehr, da es auch mehrern andern Beobachtern * geglückt iſt, ſorgfältig gereinigtes Waſſer ohne Erſcheinen von Säure und Alkali zu zerſetzen.

Nach den hier gegebenen Erörterungen, welche vorzugsweis die Zerſetzung des Waſſers durch den Volta'ſchen Apparat betrafen, gehen wir nun zur Betrachtung der Wirkung der Säule auch auf andre Stoffe über, und zwar werden wir zuvörderſt die ſogenannten überführenden Wirkungen des Volta'ſchen Apparats näher ins Auge faſſen, auf die wir ſchon bei der Waſſerzerſetzung aufmerkſam gemacht haben.

Als der erſte, welcher dieſe Wirkungen des Volta'ſchen Apparats auf eine recht entſchiedene Weiſe beobachtet hat, iſt vielleicht Brugnatelli zu nennen, der ſchon im Jahr 1800 mehrere hieher gehörige Beobachtungen machte **. Davy *** jedoch einerſeits und Berzelius und Hiſinger † andrerſeits gebührt das Verdienſt, die dabei Statt findenden Erſcheinungen zuerſt in ein recht helles Licht geſetzt zu haben.

Berzelius und Hiſinger nahmen zu ihren Verſuchen zweiſchenkliche Glasröhren, in deren Beugung ein Loch gemacht war, um darin eine Röhre zur Entbindung des Gas anzubringen. In die Oeffnungen an den beiden Enden jeder Heberröhre paßten eingeſchliffene Stöpſel, von Thermometerröhren gemacht, durch welche die Polardrähte giengen und in ihnen mit Harzkitt befeſtigt waren. Durch das Loch wurden nun beide Schenkel der Röhren zu $\frac{2}{3}$ mit verſchiedenen Flüſſigkeiten gefüllt, und oben auf mit vieler Behutſamkeit reines Waſſer gegoſſen, welches die ganze Beugung füllte und die Flüſſigkeiten in beiden Schenkeln ſchied.

Zweckmäßiger jedoch als dies Verfahren iſt das nachfolgende von Davy, zufolge deſſen man die zu zerſetzenden Flüſſigkeiten in

---

* Simon Gilb. IX. 386.; Buchol; Gilb. IX. 451; Gruner Gilb. XXIV. 86.

** Vergl. Gehlen J. VI. 118 Anm.

*** Gilb. XXVIII. 26.

† Gehlen N. a. J. I. 138; auch Gilb. XXVII. 292.

zwei Gefäße füllt, die man einerſeits unter ſich durch Asbeſtfaſern*, welche mit deſt. Waſſer befeuchtet ſind, andererſeits mit den Polen der Säule durch die eingetauchten Polardrähte in Verbindung ſetzt. Man kann auch dieſen zwei Gefäßen noch ein mittleres, irgend eine Flüſſigkeit enthaltendes, Gefäß hinzufügen, welches man wie vorhin durch befeuchtete Asbeſtfaſern mit den beiden äußerſten, in welche die Polardrähte tauchen, in Verbindung ſetzt.

Als allgemeine Reſultate der mit dieſen Apparaten angeſtellten Verſuche haben ſich folgende ergeben.

1) Wie man auch die Flüſſigkeiten in den Gefäßen vertheilen mag, jedenfalls wird ihr elektronegativer Beſtandtheil nach einiger Zeit ſich am poſitiven, ihr elektropoſitiver Beſtandtheil am negativen Pol der Säule angeſammelt finden.

2) Die reſpectiven Beſtandtheile der Flüſſigkeiten gehen ganz rein (die Säure frei von Baſe und umgekehrt) zu den Polen über, nach denen ſie hingeführt werden.

3) Bei übrigens gleichen Umſtänden iſt die Zeit, welche zum Hinüberführen der Beſtandtheile nöthig iſt, um ſo größer, durch eine je größere Strecke von Flüſſigkeiten die Polardrähte getrennt ſind.

4) Die übergeführten ſauren und alkaliſchen Beſtandtheile wirken unterweges nicht auf reagirende Papiere.

5) Die Ueberführung der Beſtandtheile findet auch dann noch Statt, wenn ſie unterweges einen Stoff treffen, mit dem ſie außer der Kette eine auflösliche Verbindung geben würden, nicht aber, wenn dieſe Verbindung unauflöslich ſeyn würde.

Gehen wir jetzt zu den ſpeciellen Bewährungen über.

Als Berzelius auf die oben angegebene Weiſe (S. 361) mittelſt Eiſendrähten eine Auflöſung von Salmiack im einen, eine Auflöſung von ſchwefelſ. Kali im andern Schenkel ſeiner Röhre in die Kette brachte, ſo daß die Salmiacklöſung mit dem poſitiven, die andere Salzlöſung mit dem negativen Pol verbunden war, enthielt nach 24 Stunden die negative Flüſſigkeit außer (noch unzerſetztem) ſchwefelſ. Kali auch freies Kali und freies Ammoniack; die poſitive Flüſſigkeit dagegen Schwefelſäure, Ammoniack, Salzſäure und aufgelöſtes Eiſen.

Davy ſtellte verſchiedentliche Verſuche mit Salzen aus Mineralſäuren und Alkalien an, indem er in eins von zwei durch die Asbeſtfaſern verbundenen Gefäßen eine Auflöſung eines ſolchen Salzes, in das andere deſtillirtes Waſſer that. War die Salzauflöſ. im poſitiven, das Waſſer im negativen Gefäße, ſo war es ſtets die Baſis; war dagegen die Salzauflöſ. im negativen, das Waſſer im poſitiven Gefäße, ſo war es die Säure des Salzes, welche in das Waſſer hinübergeführt wurde.

---

* Man kann ſtatt deren auch hebersörmige, an ihren Mündungen capillar ausgezogene, Glasröhren, mit Waſſer gefüllt, anwenden, wie z. B. Walker verfuhr; oder befeuchtete Baumwollenfaſern.

Auch wenn die Salzauflöſung von beiden Seiten nur durch deſtillirtes Waſſer mit den Polen der Säule communicirte, erfolgte ein Ueberführen der Beſtandtheile in der angegebenen Art, wie folgender Verſuch lehrt.

Davy füllte zwei Glasröhren mit gereinigtem Waſſer, verband beide durch Amianth mit einem dritten Gefäße, worin ſich eine Auflöſung von ſalzſ. Kali befand, und ſtellte beide ſo, daß die Oberfläche des Waſſers in den Röhren höher war, als die Oberfläche dieſer Auflöſung. Jeder der beiden Platinpolardrähte war auf dieſe Art wenigſtens ½ Zoll von der Salzauflöſung entfernt, die ſich in dem dritten Gefäße befand; dennoch erſchien ſehr bald in der poſitiven Röhre die Säure, in der negativen das Alkali und nach 16 Stunden hatten ſich ziemlich ſtarke Auflöſungen von Kali und Salzſ. in den Röhren gebildet.

Welchen Einfluß die größere Strecke von Flüſſigkeit auf die Schnelligkeit des Hinüberführens hat, zeigt folgender Verſuch von Davy.

Bei einem Apparat von 100 Plattenpaaren, wo ſchwefelſ. Kali im negativen und deſt. Waſſer im poſitiven Gefäße war, und die beiden Enden der Polardrähte das eine Mal nur 1 Zoll, das zweite Mal dagegen (indem beide Röhren mit einem Zwiſchengefäß voll gereinigten Waſſers verbunden wurden) 8 Zoll von einander entfernt waren, zeigte ſich Schwefelſäure im Waſſer des poſitiven Gefäßes im erſten Falle in weniger als 5 Minuten, in dem zweiten erſt nach 14 Stunden.

Den Beweis, daß die Beſtandtheile wirklich ganz frei von den Beſtandtheilen entgegengeſetzt elektriſcher Beſchaffenheit übergeführt werden, giebt folgender Verſuch Davy's. Er that ſchwefelſ. Magneſia in die poſitive, deſt. Waſſer in die negative Röhre und trug dabei Sorge, daß die Oberfläche des deſt. Waſſers nie niedriger als die der Salzauflöſung ſtand. Als nun der verbindende Amianth fortgenommen und die Flüſſigkeit in der negativen Röhre mit Salzſäure geſättigt worden, gab ſie keine Spur von Trübung in ſalzſ. Barytauflöſung.

Daß die Beſtandtheile der zerſetzten Flüſſigkeit nur in dem Maße, als ſie an den Pol gelangen, zu welchem ſie übergeführt werden ſollen, auf reagirende Papiere zu wirken anfangen, geht aus folgendem Verſuche Davy's hervor.

Zwei Röhren, von denen die eine deſt. Waſſer, die andere eine Auflöſung von ſchwefelſ. Kali enthielt, wurden durch Amianth mit einem kleinen Maß voll deſt. Waſſers, das mit Lackmus gefärbt war, verbunden, und in die Salzauflöſung der negative, in das gefärbte Waſſer der poſitive Polardraht eingetaucht. Auch über und unter die Amianthſtücken, gerade in dem Kreislauf, wurde Lackmuspapier angebracht. Die Röthung zeigte ſich ſogleich unmittelbar an der poſitiven Oberfläche und verbreitete ſich langſam von dieſer Seite

bis in die Mitte des Zwischengefäßes; an der negativen Seite erschien dagegen gar kein Roth, weder über dem Amianth, noch um denselben, und obgleich von dort bis zu Ende des Versuchs immer Schwefelsäure hinübergeführt worden war, trat doch keine Farbenveränderung ein.

Davy verkehrte nun die Ordnung, verband die schwefels. Kaliauflösung mit dem positiven, und das, jetzt mit Curcumä statt Lackmus gefärbte, dest. Wasser mit dem negativen Polardrahte. Der Erfolg war völlig analog. Die Curcumä wurde sogleich am negativen Drahte braun und es fand keine Farbenveränderung in dem vermittelnden Gefäße nach dem positiven Drahte zu Statt.

Bei einem dritten Versuche füllte Davy die beiden Glasröhren mit einer Auflösung von salzs. Natron und das vermittelnde Gefäß mit schwefels. Silberauflösung und legte auf die positive Seite (wie es scheint, dieses Gefäßes) Curcumäpapier, auf die negative Lackmuspapier. Kaum war der Kreis geschlossen, als auch schon Natron in der negativen und Chlor in der positiven Röhre zu erscheinen begann; zugleich begann im vermittelnden Gefäße durch die Salzsäure ein schwerer und dichter, durch das Natron ein viel leichterer und dünnerer Niederschlag, aber weder die Curcumä, durch welche das Alkali vom positiven Pole, noch das Lackmus, durch das die Säure vom negativen Pole ab zu dem entgegengesetzten hinübergeführt wurde, litten die geringste Farbenveränderung.

Daß das Hinüberführen auch durch Mittel hindurchgeht, welche zu den übergeführten Bestandtheilen eine starke chemische Verwandtschaft haben, wofern nur das Resultat derselben kein unauflösliches Product ist, lehren nachstehende Versuche Davy's, mit einer Säule aus 150 Lagen und einer ähnlichen Vorrichtung, als bei den Versuchen mit salzs. Natron und schwefels. Silber angestellt.

Mit dem negativen Polardrahte wurde eine Auflösung von schwefels. Kali, mit dem positiven gereinigtes Wasser in Berührung gesetzt; als Mittelglied diente eine schwache Ammoniackauflösung, so daß kein Theilchen Schwefelsäure von dem negativen Drahte in das positive Wasser hinübergelangen konnte, ohne durch die Ammoniackauflösung hindurchzugehen. Es zeigte sich durch Lackmuspapier, daß schon in weniger als 5 Minuten um die positive Spitze Säure sich angesammelt hatte und schon nach ¼ Stunde war das Resultat so bestimmt, daß es mit Genauigkeit untersucht werden konnte. Das Wasser hatte einen sauren Geschmack und fällte salpeters. Barytauflösung.

Aehnliche Versuche stellte Davy mit Kalkwasser und mit schwachen Auflösungen von Kali und Natron als Mittelgliedern an. Der Erfolg war ganz derselbe. Bei starken Auflösungen von Kali und Natron wird sehr viel mehr Zeit erfodert, ehe die Säure wahrzunehmen ist; aber selbst bei einer gesättigten alkalischen Lauge zeigt sich nach einer gewissen Zeit endlich die Säure.

Die Salzſäure von ſalzſ. Natron und die Salpeterſäure von ſalpeterſ. Kali wurden unter ähnlichen Umſtänden durch concentrirte alkaliſche Laugen hindurchgeführt.

Davy brachte nun an den negativen Polardraht deſt. Waſſer, in die Mitte verdünnte Schwefelſäure, Salpeterſäure oder Salzſäure, und an den poſitiven Polardraht eine Auflöſung irgend eines Neutralſalzes, welches Kalk, Natron, Kali, Ammoniack oder Magneſia zur Baſis hatte. Das Alkali ging, auf ganz gleiche Art, durch die Säure nach der negativen Oberfläche hin über. Je weniger der concentrirten Säure war, deſto leichter ſchien das Hinüberführen durch ſie zu ſeyn. Dieſer Verſuch wurde mittelſt einer Säule von 150 Lagen angeſtellt: mit ſalzſ. Kalk und Schwefelſäure, ferner mit ſalpeterſ. Kali und Salzſäure, mit ſchwefelſ. Kali und Salzſäure, mit ſchwefelſ. Natron und Salzſäure und mit ſalzſ. Magneſia und Schwefelſäure. In allen dieſen Fällen wurden in weniger als 48 Stunden entſcheidende Reſultate erhalten. Die Magneſia wurde eben ſo, wie die Alkalien, übergeführt.

Auch Strontian und Baryt giengen mit derſelben Leichtigkeit durch Salpeterſäure und Salzſäure hindurch, und umgekehrt die Säure durch Strontianwaſſer und durch Barytwaſſer.

Mehrere Verſuche über das Hindurchgehen von Säuren und Alkalien durch Auflöſungen von Neutralſalzen führten zu ähnlichen Reſultaten.

In einem dieſer Verſuche mit der Säule von 150 Lagen befand ſich ſalzſ. Baryt an der negativen, und deſt. Waſſer an der poſitiven Seite und ſchwefelſ. Kali in der Mitte; nach 5 Minuten erſchien Schwefelſäure in dem Waſſer, und nach 2 Stunden ebenfalls Salzſäure. Als ſchwefelſ. Kali an der poſitiven, deſt. Waſſer an der negativen und ſalzſ. Baryt in der Mitte war, zeigte ſich in dem deſt. Waſſer Baryt nach einigen Minuten, und das Kali von dem entfernteſten Theile der Kette bedurfte ungefähr eine Stunde, um ſich darin ſo ſtark anzuſammeln, daß es erkennbar wurde.

Auch mehrere Metalloxyde wurden bei Verſuchen dieſer Art durch Säuren hindurch von der poſitiven nach der negativen Seite hinübergeführt; dieſes ging aber weit langſamer vor ſich, als bei den Alkalien. An der poſitiven Seite befand ſich eine grüne ſchwefelſ. Eiſenauflöſung, in der Mitte Salzſäure, an der negativen Seite deſt. Waſſer. Nach 10 Stunden fing das grüne Eiſenoxyd an, ſichtbar zu werden * auf dem zur Verbindung dienenden Amianth der negativen Seite, und nach 3 Tagen hatte ſich daron bedeutend viel in der negativen Röhre abgeſetzt. — Schwefelſ. Kupfer, ſalpeterſ. Blei und ſalpeterſalzſ. Zinn gaben ganz ähnliche Reſultate.

* Warum wurde es nicht hiebei reducirt? Z.

Wir haben endlich noch die Belege dafür anzuführen, daß, wenn die überzuführenden Substanzen unterweges Stoffe antreffen, mit denen sie unauflösliche Niederschläge bilden, dann das Ueberführen an ihre zugehörigen Pole nicht mehr erfolgt, oder nur in so weit erfolgt, als der Niederschlag selbst ursprünglich in die Kette gebracht, auch ebenfalls einiger Zersetzung fähig gewesen wäre.

Es befand sich bei der Säule von 150 Lagen schwefels. Kaliauflösung an der negativen, dest. Wasser an der positiven Seite und gesättigtes Barytwasser in der Mitte. Nach 30 Stunden war in dem dest. Wasser noch nicht so viel Säure, daß sie sich hätte wahrnehmen lassen. Nach 4 Tagen erschien sie zwar, aber in sehr geringer Menge. In dem Zwischengefäße hatte sich sehr viel mehr schwefels. Baryt niedergeschlagen; an der Oberfläche befand sich auf der Flüssigkeit eine dicke Lage kohlensauren Baryts, und das Barytwasser selbst war so schwach geworden, daß es kaum auf geröthetes Lackmuspapier wirkte. Ganz dasselbe Resultat gab Strontianwasser, nur daß dabei die Schwefelsäure schon nach 3 Tagen bemerkbar wurde.

Als Davy am positiven Pole salzs. Baryt, in der Mitte conc. Schwefelsäure und am negativen Pole dest. Wasser angebracht hatte, nahm er eben so, während der 4 Tage, die der Versuch dauerte, keinen Baryt in dem dest. Wasser wahr; in der positiven Röhre hatte sich aber viel Chlor, und in dem Zwischengefäße ein ziemlich bedeutender Niederschlag von schwefels. Baryt gebildet.

War salzs. Baryt im positiven, schwefels. Kali im mittlern und dest. Wasser im negativen Gefäße, so erschien das Kali im Augenblicke im negativen Wasser; in dem Zwischengefäße setzte sich viel schwefels. Baryt ab, aber im negativen Gefäße konnte während der Dauer des Versuchs (10 Stunden) kein Baryt entdeckt werden. — Als zwischen negativem salzs. Baryt und positivem Wasser schwefels. Silber war, ging die Schwefelsäure allein in das Wasser über und in dem Zwischengefäße setzte sich viel Chlorsilber ab.

Angeführt zu werden verdienen noch die überführenden Wirkungen, welche Biot in Verein mit Cuvier als Reactionswirkungen der Säule auf ihre eigenen metallischen Elemente beobachtet hat *. Wurde eine, unter einer Glocke voll Luft oder Sauerstoffgas gesperrte, Säule auf folgende Weise geschichtet: Zink, feuchter Leiter, Kupfer, Zink u. s. w. und stand sie auf ihrer Zinkgrundfläche, so zeigte sich stets, wenn sie, nachdem sie eine Zeitlang geschlossen gewesen, dann aus einander genommen wurde, daß sich von jedem Zinkstück Zinktheilchen losgemacht und sich an das Kupfer des darüber liegenden Platten-

* Gilb. X. 33.

paars begeben hatten *, und waren Kupfer- und Zinkplatten jedes Paars blos über einander gelegt, so fand man noch überdies, daß Theilchen vom Kupfer jedes Plattenpaars sich an das darüber liegende Zink begeben hatten u. s. f. vom untern nach dem obern Theil der Säule. War die Säule auf die umgekehrte Weise geschichtet, so war die Richtung des Fortführens in Bezug auf die Verticale die entgegengesetzte der vorigen, die nämliche aber in Bezug auf die Reihenfolge der Elemente, aus denen der Apparat besteht. Bei ungeschlossener Säule wurden diese Ueberführungen der Metalle nie beobachtet.

Merkwürdig ist bei diesen Versuchen der Uebergang des Kupfers zum Zink an den Flächen, wo sie sich unmittelbar berühren, und welcher selbst manchmal Messingbildung zur Folge hatte **.

Ich gehe hier nicht in ein weiteres Detail über die Art, wie die Zersetzung der einzelnen Stoffe durch die Säule erfolgt, ein, indem das Vorstehende hinreicht, die allgemeinen Umstände, die dabei in Betracht kommen, zu übersehen. Da jedoch bei diesen einzelnen Zersetzungen noch manche interessante Verhältnisse und solche, welche auf das wechselseitige Spiel der chemischen und elektrischen Kräfte Bezug haben, vorkommen, so habe ich im Anhange eine besondere Zusammenstellung hierüber gegeben. Hier begnüge ich mich, über die Zersetzung thierischer und vegetabilischer Substanzen und die Bildung der Wasserstoffmetalle und Hyperoxyde noch Einiges hinzuzufügen.

Zersetzung thierischer und vegetabilischer Substanzen. — Wenn thierische oder pflanzliche Stoffe in die Kette gebracht werden, so zersetzt sich zuvörderst das Wasser, ferner die salzigen Bestandtheile in ihnen auf die bekannte Art, und es lassen sich auf solche Art sogar organische Theile von allen Salzbestandtheilen befreien ***, indem deren Elemente nach den entgegengesetzten Polen der Säule übergeführt werden. Außerdem erleiden aber auch die organischen Stoffe selbst bedeutende Veränderungen, über die sich jedoch wenig Allgemeines aussagen läßt, da ungeachtet sehr vielfacher Versuche doch der gründlichen Untersuchungen über diesen Gegenstand noch zu wenig sind, und die Producte sich nach Beschaffenheit der dem Versuch unterworfenen Substanzen nothwendig ändern. Im

---

* Ich habe gefunden, daß dieser Erfolg in salzsaurem Wasser schon bei der einfachen Kette eintritt. Auf jeden Fall löst sich das Zink erst auf, und die Auflösung wird dann durch die Kette wieder zersetzt.

** Vielleicht möchten die Ueberführungen dieser Art auf einer ähnlichen Impulsionswirkung beruhen, als die von Porret beobachtete Impulsion des Wassers, da sie nach gleicher Richtung Statt hat, und auch durch ähnliche Umstände befördert zu werden scheint. In der That bemerkt Biot, daß die Ueberführungen dieser Art ohne Vergleich schneller und stärker bei Saulen mit kleinen, als mit großen Platten sey: in der That ist aber in letzteren der Leitungswiderstand geringer.

*** Vergl. Davy in Gilb. XXVIII. 195.

Allgemeinen ſcheint der Galvanismus ſowohl die geiſtige, als faure und faulige Gährung der organiſchen Subſtanzen zu befördern *.

Es iſt überhaupt noch fraglich, in wiefern der Galvanismus eine urſprüngliche Zerſetzung der organiſchen Subſtanzen hervorzubringen vermöge; da alle Veränderungen, die ſie in der Kette erfahren, bis jetzt auch durch eine Einwirkung der aus dem Waſſer und den Salzen, die ſie enthalten, entbundenen Beſtandtheile erklärlich werden. So ſcheint namentlich zur Beförderung der verſchiedenen Arten Gährung der aus dem Waſſer entbundene Sauerſtoff wirkſam zu ſeyn **.

Ueber das Specielle der Wirkungen des Galvanismus auf verſchiedene organiſche Stoffe vergleiche man die unten ſtehende Literatur ***.

Bildung von Waſſerſtoffmetallen und Hyperoxyden †. — Wir haben ſchon erwähnt, daß ſich unter dem Einfluß der galvaniſchen Kette Verbindungen zu erzeugen vermögen, welche ſich auf anderm Wege ſchwer oder gar nicht hervorbringen laſſen. Hieher gehört namentlich die Bildung der ſogenannten Waſſerſtoffmetalle und Hyperoxyde, die wir jetzt näher erörtern wollen.

Die erſten dieſer eigenthümlichen Verbindungen können ſowohl dadurch entſtehen, daß das Metall des negativen Pols ſich mit Waſſerſtoff aus der zerſetzten Flüſſigkeit verbindet, als auch dadurch, daß eine Metallauflöſung in den Kreis der Kette gebracht wird, wo ſich zuweilen das Metall am negativen Pol mit Waſſerſtoff in Verbindung ausſcheidet. Die Bildung der Hyperoxyde am poſitiven Pole iſt bis jetzt blos auf letzterem Wege beobachtet worden. Man bemerkt jedoch die Bildung dieſer Verbindungen keineswegs in allen Fällen, und wiewohl die Umſtände, welche hiezu am günſtigſten

---

* Doch haben Daubancourt und Zanetti bei Harn und Galle das Gegentheil wahrgenommen, wahrſcheinlich wegen Abſcheidung der die Fäulniß bedingenden thieriſchen Subſtanzen.

** In der That beobachtete Gay-Luſſac die Gährung von Flüſſigkeiten, in welche er die Polardrähte der Säule leitete, bei ſorgfältigſter Abhaltung von Luft, unter Umſtänden, wo ſie ſonſt nicht bei Ausſchluß der Luft gähren. — Vergl. noch über die gährungsbefördernde Wirkung des Galvanismus Arnim in Gilb. VIII. 259; Grimm in Gilb. VII. 354; Colin in Ann. de Ch. et de Phys. XXVIII. 140; Böckmann in Gilb. VIII. 160.

*** Pflanzentheile: Davy in Gilb. XXVIII. 193. — Muskelfleiſch: Berzelius Gilb. XXVII. 304, Simon Gilb. VIII. 28; Parrot Gilb. XII. 62. XXI. 234; — Harn: Brugnatelli Gilb. XIV. 233. Aldini in ſ. Essai I. 265; Daubancourt und Zanetti Gehlen N. a. J. I. 337; — Galle: Brugnatelli Gilb. XIV. 233; Aldini in ſ. Essai I. 264; Daub. und Zanetti Gehlen N. a. J. I. 338; — Eiweis: Arnim Gilb. VIII. 259; Brugnatelli Gilb. XIV.; — Blut: Schübler Schweigg. J. III. 297 ꝛc.

† Hyperoxyde nennt man Verbindungen von Metallen mit einer größern Menge von Sauerſtoff, als ſie in Salzverbindungen mit hinüber nehmen können. Den Ueberſchuß ihres Sauerſtoffs halten ſie immer nur locker gebunden.

wirken, nicht gehörig bekannt ſind, ſo ſcheint es doch hiebei hauptſächlich auf einen gehörigen Verdünnungsgrad anzukommen *.

Die Bildung von Waſſerſtoffmetallen auf dem genannten Wege iſt bis jetzt bei folgenden Metallen beobachtet worden: Platin, Gold, Silber, Kupfer, Antimon, Wismuth, Zink, Tellur, Arſenik, Zinn; die von Hyperoxyden am meiſten bei Silber und Blei, nach Fiſcher ** auch bei Mangan, Nickel, Kobalt, Palladium, Queckſilber. Uebrigens muß doch hinſichtlich der erſtern bemerkt werden, daß bei mehreren derſelben die gebildete Subſtanz blos nach der Analogie und äußern Geſtalt ohne hinlängliche Unterſuchung ſcheint für ein Waſſerſtoffmetall angeſehen worden zu ſeyn; wenigſtens finde ich blos für das ſchwarze Waſſerſtoffſilber die ausdrückliche Angabe Ritter's und Prieſtley's ***, daß daſſelbe bei Erhitzung Waſſerſtoffgas mit Rücklaſſung metalliſchen Silbers hergebe; die Exiſtenz des Waſſerſtofftellurs ferner iſt durch Ritter's und Davy's Unterſuchungen außer Zweifel geſetzt, und auch beim Arſenik leidet die Bildung von Arſenikwaſſerſtoffgas nach Bucholz Verſuchen keinen Zweifel.

Die Bildung des Waſſerſtoff-Wismuths, Antimons und Zinks ſcheint ſich nach Ruhland als erwieſen anſehen zu laſſen; denn wiewohl er keine ſpeciellen Verſuche anführt, warum er die beobachtete Subſtanz für Waſſerſtoffmetall gehalten, ſo iſt doch um ſo mehr vorauszuſetzen, daß er ſolche Verſuche angeſtellt, da er gleichzeitig mehrere andere Subſtanzen, die man für Waſſerſtoffmetalle gehalten, durch ſeine Verſuche hievon auszuſchließen geſucht hat.

Bei den übrigen Metallen möchten die beobachteten Subſtanzen mehr nach der Analogie der Bildung und äußern Eigenſchaften für Waſſerſtoffmetalle angeſehen worden ſeyn †.

---

* In der That kommt es nach Kaſtner (Kaſtn. Arch. VI. 446), um die Hydrogenirung der Metalle zu bewerkſtelligen, vor Allem auf das richtige Maß der Verdünnung der Metallauflöſung, ſo wie auf das gehörige Verhältniß ihres Längen- und Querdurchmeſſers an, ohne daß er jedoch beſondere Regeln darüber mittheilt. Nach Ritter (Gehlen N. a. J. III. 502) erhält man das Waſſerſtoffſilber aus jeder ſo weit verdünnten Silberauflöſung, daß die Quantität Waſſerſtoff, welche die Säule am negativen Pole liefert, nun nicht mehr Silberoxyd genug am Orte ſeines Austritts vorfindet, um dies Oxyd blos zu reduciren. Der überflüſſige Waſſerſtoff verbindet ſich dann mit dem reducirten Silber zu ſchwarzem Waſſerſtoffſilber.

** Kaſtn. Arch. XVI. 218.

*** Gilb. XII. 471.

† Kaſtner (Kaſtn. Arch. VI. 446) gelang die Darſtellung des Waſſerſtoff-Silbers, Goldes, Platins, Antimons, Wismuths, Zinns nebſt Wismuth- und Zinnwaſſerſtoffgas (Gehlen N. a. J. III. 502). Doch giebt er nichts Näheres über die Prüfung oder Eigenſchaften dieſer Verbindungen an. (Das Wismuthwaſſerſtoffgas hat nach J. Phyſ. II. 111 einen dem Schwefelwaſſerſtoffgaſe ähnlichen Geruch.) Waſſerſtoff-Kupfer, Silber, Zinn, Gold und Tellur

Das Waſſerſtoffſilber ſtellt ſich nach allen Beobachtern in Geſtalt von ſchwarzem Beſchlag, Schwamm oder ſchönen Dendriten am negativen Draht dar und ſcheint ſowohl aus verdünnten Silberauflöſungen als an negativen ſilbernen Polardrähten ſehr leicht zu entſtehen, da es öfters beobachtet worden iſt. Brugnatelli ſagt, er habe ſtets mit Erſtaunen die Leichtigkeit bemerkt, mit welcher zwei Drähte von reinem Silber, an beiden Polen angebracht und in reines Waſſer tauchend, beide, ſo zu ſagen, ſchmelzen und in eine ſchwärzliche Subſtanz verwandelt wurden (der negative Draht in Waſſerſtoffſilber, der poſitive in Silberhyperoxyd) *.

Das Waſſerſtoffgold erhielt Brugnatelli ebenfalls in Geſtalt einer ſchwammigen, merklich aufgequollenen, ſchwarzen Subſtanz, und manchmal in Geſtalt von Dendriten oder kleinen Fäden und Nadeln, die zweigartig zuſammengehäuft waren. Dünnere goldene Polardrähte am negativen Pole verwandelten ſich manchmal ganz in dieſe Subſtanz **.

Das Waſſerſtofftellur bildet ſich ſehr leicht als ein brauner Staub, wenn Tellur in Waſſer am negativen Pol angebracht wird, unter Verſchwinden der Waſſerſtoffgasentbindung, zugleich löſt ſich

---

ſtellte Ritter aus den Auflöſungen dieſer Metalle dar. Erſteres ſoll eine blaue (nach Brugnatelli ſchwarze) Farbe haben, die ich in den ſchönſten Nüancen darſtellt; das Waſſerſtoffgold eine ſchwarze Farbe; auch ſoll nach Ritter Silber, Kupfer und Zinn bei ſehr ſtarken Säulen, ſehr ſtarken goldenen Polardrähten und ſehr verdünnten Auflöſungen ſich in ſcharf abgeſchnittenen Graden von Hydrogeniſation darſtellen, wovon die höchſte Stufe, beſonders beim Silber, Gas zu ſeyn ſcheint; doch giebt er ebenfalls keine nähern Data hierüber. — Ruhland (Schweigg. J. XV. 417) bildete Waſſerſtoff-Silber, Antimon und Zink, indem er dieſe Metalle für ſich, oder beſſer mit Queckſilber amalgamirt am negativen Pol anbrachte. Endlich beobachtete auch Brugnatelli (Gehlen J. I. 71) an Gold-, Silber und Kupferdrähten, als negative Polardrähte in deſt. Waſſer tauchend, die Bildung von Waſſerſtoffmetallen. Zwar will Ruhland dieſe Subſtanzen für Gemenge von Metall und Oxyd erklären, indeß iſt ſeine Annahme ſehr willkührlich, und ſeine zur Prüfung jener Subſtanzen angeführten Verſuche ſcheinen blos ſo viel zu beweiſen, daß jene Verbindungen unter dem Einfluß verſchiedener Umſtände leicht wieder ihren metalliſchen Zuſtand annehmen. — Die Bildung des Waſſerſtofftelluras hat außer Ritter (Gehlen J. V. 445) auch Davy (Schweigg. V. 348) beobachtet, und die Bildung des Arſenikwaſſerſtoffgaſes Bucholz.

* Auch Grunner hat die Bildung des Waſſerſtoffſilbers in Geſtalt ſchwarzer Dendriten, bei deren Erſcheinen die Waſſerſtoffgasentwickelung aufhörte, am negativen Pole beobachtet, als er deſt. Waſſer in einer Glasröhre zwiſchen Silbernadeln galvaniſirte.

** Dieſe ſchwarze Subſtanz war ohne Geruch, beinahe geſchmacklos, nicht auflöslich in reiner Natronlauge, leitete die El. und wurde mit reinem Golde poſitiv elektriſch, welches letztere Ruhland's Anſicht, daß die Subſtanz ein Gemeng aus Metall und Oxyd ſey, vollkommen widerſpricht. — Ritter (Gehlen J. VII. 384) erwähnt übrigens, man bemerke häufig bei galvaniſchen Verſuchen mit deſt. Waſſer, daß Gold, wenn es lange am negativen Pol war, faſt alle ſeine Farbe verliere und faſt ſilberweiß werde, ohne daß ein Abgang an Maſſe zu ſpüren ſey; am poſitiven Pole werde es dagegen in der Regel dunkler. Vielleicht iſt dieſe weiße Alteration eine beſondere Hydrogeniſationsſtufe des Goldes.

gasförmiges Waſſerſtoffſtellur im Waſſer auf oder entbindet ſich, wenn dieſes mit einer Säure verſetzt iſt.

Auch Waſſerſtoffwismuth ſcheint ſich ziemlich leicht in Geſtalt ſchwarzer fächerförmiger Dendriten zu bilden, wenn man Wismuth am negativen Pol anbringt, noch leichter, wenn man es zuvor mit Queckſilber amalgamirt. Schwieriger bildet ſich das ebenfalls braunſchwarze, aber minder leicht dendritiſch erſcheinende, Waſſerſtoffantimon.

Was andrerſeits die Bildung des Silber- und Bleihyperoxyds am poſitiven Pole anlangt, ſo mag bemerkt werden, daß letzteres auch auf anderem Wege erhalten werden kann, erſteres aber bis jetzt blos durch galvaniſche Wirkſamkeit dargeſtellt worden iſt. Daß wirklich die beobachteten Subſtanzen ſolche Hyperoxyde ſind, darüber läßt theils ihr Erſcheinen am poſitiven Pole, theils der Umſtand, daß ſie, in Salzſäure gebracht, Chlor entwickeln, anderer Umſtände nicht zu gedenken, keinen Zweifel übrig *. Nur iſt nach neuern Unterſuchungen von Fiſcher (Kaſtn. Arch. XIV. 214) das Silberhyperoxyd, ſey es nun aus ſalpeterſaurer oder ſchwefelſaurer Silberauflöſung erhalten, immer mit etwas Säure verbunden, ſo daß er es vielmehr für ein baſiſches Salz anſieht.

Die Eigenſchaften des Silberhyperoxyds anlangend, ſo hat es nach Ritter völligen Metallglanz, leitet die El. vollkommen, iſt ſehr zerreiblich, hat ein Ausſehen faſt wie Eiſenglanz, iſt regelmäßig kryſtalliſirt, ſchäumt, in gemeine Salzſäure geworfen auch in der Kälte unter Entbindung von Chlor und Verwandlung in Hornſilber auf, ſchäumt nach Grotthuß ** in Aetzammoniakflüſſigkeit ſo gewaltſam

---

* Hinſichtlich der Umſtände, unter welchen ſich dieſe Hyperoxyde am beſten bilden, hat man folgende Data.

Nach Ritter (Gehlen J. III. 561; auch phyſ. chem. Abh. III. 341) bildet ſich das Silberhyperoxyd am poſitiven Polgelddrahte der Säule in jeder Silberauflöſung. Nach Ruhland (Schweigg. J. XV. 414) erhält man es, wenn die Silberauflöſung ſehr verdünnt genommen wird, dendritiſch und in ſehr geringer Menge; in ziemlicher Quantität dagegen, wenn man eine conc. Auflöſung von ſalpeterſ. Silber anwendet; auch bildet es dann nicht Dendriten, ſondern iſt ſtralig. Ueberhaupt ſchlägt ſich nach ihm um ſo mehr Silber am poſitiven Pol und um ſo weniger am negativen Pol nieder, je concentrirter die Auflöſung, und umgekehrt dagegen, je verdünnter ſie iſt.

Hinſichtlich der Bildung des Bleihyperoxyds bemerkt Kaſtner (ſ. Arch. VI. 440) Folgendes: Man erhält es am reichlichſten aus der Auflöſung von ſalpeterſ. Blei, aber auch reines eſſigſ. Blei entläßt es am Zinkpol, zumal wenn die Säule ſich noch nicht ſehr erſchöpft oder, wenn ſie vor dem Eintauchen ihrer Poldrähte 10 bis 15 Minuten hindurch ungeſchloſſen geſtanden hatte. Häufig begegnet es dabei, daß der Bleibaum des Kupferpols, in der Vförmig gekrümmten Glasröhre, bis zu den Dendriten des Hyperoxyds hinüberwächſt. In dem Momente, da beide Dendriten einander berühren, erfolgt dann eine äußerſt heftige Gasentwickelung, und nicht lange dauert es, ſo verſchwindet jenes des Hyperoxyds bis auf einen geringen Ueberreſt.

** Schweigg. J. XXVIII. 324.

auf, daß ſich die Flüſſigkeit in einigen Secunden mit einem weißen ſchaumigen Schwamm bedeckt u. ſ. w.

Das Bleihyperoxyd bildet ſchöne, braune, metalliſch-glänzende, vollkommen leitende, nicht ſelten dendritiſche, nie ſchuppige, Anſätze. Es ſchäumt ebenfalls mit Salzſäure auf, doch viel minder heftig als das Silberhyperoxyd u. ſ. w.

Als eine Subſtanz problematiſcher Beſchaffenheit iſt bis auf Weiteres noch das ſogenannte blaue Eiſenoxydul Ritter's * anzuſehen, welches auch von Kaſtner ** beobachtet wurde, und über deſſen Näheres wir auf die Originalabhandlungen verweiſen.

Ueber die Bildung der übrigen obgenannten Hyperoxyde finde ich blos folgende Angaben von Fiſcher. (a. a. O.)

„Manganſalze bilden bei $\frac{1}{1000}$ der Auflöſung nach wenigen Minuten Hyperoxyd. Bei einer Verdünnung zu $\frac{1}{10000}$ Salz war nach mehrern Stunden bei der angewandten ſchwachen Säule kein Hyperoxyd wahrzunehmen. Bleiſalze zeigen ein ähnliches Verhalten, nur ſtellt ſich das Hyperoxyd bei gleicher Verdünnung langſamer als beim Manganſalz dar. Nickel- und Kobaltauflöſungen erfodern zur Darſtellung des Hyperoxyds eine ſehr mächtige Säule von wenigſtens 100 großen Plattenpaaren, dahingegen das ſogenannte Silberhyperoxyd ſo wie das Hyperoxyd von Blei und Mangan von 2 bis 5 einzölligen Platten dargeſtellt werden."

„Außer den angegebenen habe ich (Fiſcher) nur noch ein Hyperoxyd vom Palladium wahrgenommen, und eine ähnliche Verbindung wie beim Silber beim Queckſilber, wenn es als ſalpeterſ. Salz der galvaniſchen Säule ausgeſetzt wird, eine Verbindung, die ſich jedoch nur in der erſten Zeit darſtellt, dann aber in das gewöhnliche ſalpeterſaure Queckſilberoxyd übergeht. Bei mehrern andern Metallſalzen, bei denen ich ebenfalls ein Hyperoxyd wahrzunehmen glaubte — wie bei Zink-, Kupfer- und Zinnſalzen — zeigte es ſich bei genauerer Prüfung als das Hyperoxyd des Bleis, mit welchem die angewandten Metallſalze in ſo geringer Menge verunreinigt waren, daß es durch gewöhnliche Reagentien nicht entdeckt werden konnte ***.

---

* Gehlen N. a. J. III. 561.

** Kaſtn. Arch. VI. 448.

*** Mangan konnte auf dieſe Weiſe, ſelbſt in bedeutender Menge einer Eiſenauflöſung zugeſetzt, nicht durch Bildung von Hyperoxyd entdeckt werden.

Dreißigstes Capitel.

Theorie der Zersetzungen durch die Volta'sche Säule.

Eine mit den allgemeinen Umständen der Erscheinungen übereinstimmende Erklärung der Zersetzungen durch die Volta'sche Säule läßt sich sehr leicht auf die im 27sten Capitel vorgetragenen Grundsätze gründen, und ist selbst dort schon vorläufig aufgestellt worden. Wenn in jedem chemisch zusammengesetzten Stoffe wirklich positiv-elektrische Theilchen mit negativ elektrischen in Verbindung sind, so wird, wenn diese Verbindung zwischen die Pole einer Säule kommt, der negative Bestandtheil der Verbindung sich nach dem positiven, der positive Bestandtheil nach dem negativen Pole der Säule hingegeben müssen, sobald die elektrische Anziehung der Säulenpole gegen die respectiven Bestandtheile stärker wird, als die der Bestandtheile unter einander.

Es hat allen Anschein für sich, daß diese Erklärung die richtige sey, oder sie ist vielmehr eine unmittelbare Folgerung aus der Grundansicht, die wir an die Spitze der Elektrochemie gestellt haben. Wollen wir jedoch diese Erklärung auf alle einzelnen, bei den Zersetzungen durch die Volta'sche Säule in Betracht kommenden, Umstände anwenden, so finden wir, daß sie viel zu allgemein ausgedrückt ist, und noch näherer Bestimmungen bedarf, um die speciellen Erscheinungen genügend unter sich zu befassen.

Nun müssen wir gestehen, daß es uns zu diesen nähern Bestimmungen noch durchaus an genügenden Datis fehlt. Eine Kenntniß von der Anordnungsart der heterogenen Körpertheilchen zu einander, den Bewegungen, die sie anzunehmen vermögen, ein Maß der relativen Stärke ihres elektrischen Gegensatzes und noch mehrere andere, in dieß Gebiet gehörende, Puncte sind es, auf die man sich beständig hingewiesen findet, wenn man ins Nähere jener Erklärung eingehen will. Aber alle diese Puncte liegen selbst noch gar sehr im Dunkeln.

Indem wir uns daher bescheiden, eine wirklich genügende Theorie der Zersetzungen durch die Volta'sche Säule *festzustellen*, wollen wir doch, was uns vom jetzigen atomistischen Standpuncte aus am *wahrscheinlichsten* scheint, in Folgendem angeben, ohne jedoch diesen Betrachtungen einen vorzüglichen Werth beilegen zu wollen, da sie sich in einem, bis jetzt der Erfahrung noch zu fernen, Gebiete bewegen.

Wir können durchaus nicht annehmen, daß die Zersetzung durch die Volta'sche Säule blos an den Berührungspuncten der Polardrähte mit der zu zersetzenden Flüssigkeit Statt finde; denn zufolge der von uns angeführten Versuche wird eine Salzauflösung auch zersetzt, wenn die Polardrähte, anstatt unmittelbar in sie zu tauchen, in zwei mit anderer Flüssigkeit gefüllte Gefäße tauchen, die nur durch feuchte

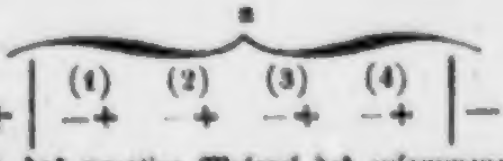
Asbestfasern mit dem Gefäße, welches die Salzauflösung enthält, in Verbindung stehen, so wie auch nach den im Anhange anzuführenden Versuchen bei der Reduction des Kaliums die Metallkügelchen nicht immer unmittelbar an den Berührungsstellen des Kali mit den Polardrähten erscheinen. Alles läßt uns vielmehr schließen, daß die Zersetzung in der ganzen Strecke von Flüssigkeit, die sich zwischen den Säulenpolen befindet, vor sich gehe, nur vielleicht mit um so größerer Energie, je größer die Nähe an den Polardrähten ist.

Nun aber kann sich der unmittelbare anziehende und abstoßende Einfluß der Säulenpole nur auf eine sehr kleine Weite in die Flüssigkeit hineinerstrecken und es fragt sich daher, durch welche Vermittelung er sich auf die in größerer Entfernung nach der Mitte zu liegenden Schichten fortpflanzt.

Sehr wahrscheinlich nun deucht es uns, dies hänge von folgendem Umstande ab.

Die erste Wirkung der Säulenpole auf die Schichten Flüssigkeit, auf welche sich ihre Anziehung und Abstoßung erstreckt, muß die seyn, daß sie die (aus einem positiven und negativen Theilchen zusammengesetzten) Theilchen derselben in eine solche gemeinsame Lage kehrt, in welche ihr negatives Theilchen nach dem positiven, ihr positives nach dem negativen Pole gewendet ist. Solchergestalt nehmen die, den Säulenpolen zunächst liegenden Schichten Flüssigkeiten eine Anordnung ihrer Theilchen der Art an, daß sie die Pole selbst gewissermaßen fortsetzen, oder daß sie auf die, ihnen nun zunächst liegenden, Flüssigkeitstheilchen eine Wirkung ganz derselben Art äußern, als sie von den Säulenpolen unmittelbar erfuhren; und dieser Einfluß muß sich so von Schicht zu Schicht durch die ganze Flüssigkeitsmasse hindurch fortpflanzen, jedoch wie es scheint, mit abnehmender Stärke, so daß, wenn die Strecke der zwischen den Polen befindlichen Flüssigkeitsstrecke sehr groß wird, die in der Mitte befindlichen Theilchen eben so in jeder gleichgültigen Lage verharren, als wenn gar keine Säule auf sie einwirkte, und so die Wirkungen beider Pole völlig von einander isoliren werden. Auf dieser Schwächung würde der von der Länge abhängige Leitungswiderstand des flüssigen Leiters beruhen.

Betrachten wir jetzt der Einfachheit halber blos eine einzige Linie von Flüssigkeitstheilchen, die sich zwischen dem positiven und negativen Pole einer Kette erstreckt, so wird sich folgendes Schema dafür ergeben:



Nun wird das negative Molecul des zusammengesetzten Theilchens (1) sich nicht allein dem positiven Pol zuwenden, sondern auch

von ihm angezogen zu ihm hinbewegen, und, wenn wir uns die Sache auf eine plane Weise vorstellen wollen, seine negative El. an den positiven Pol absetzen, die solchergestalt von hier aus nach dem negativen Pol durch die übrigen Theile der Säule a strömen wird *, und das Entsprechende wird für das positive Molecul des Theilchens (4) in Bezug zum negativen Pole Statt finden, so daß solchergestalt zwei Ströme entgegengesetzter El. sich in der Säule a entgegenkommen werden **.

Sind nun das negative Molecul des Theilchens (1) und das positive des Theilchens (4) dadurch, daß sie sich mit der Substanz ihrer respectiven Pole verbunden oder von ihnen aus entbunden haben, aus der Flüssigkeit verschwunden, so wird nun die Anziehung zwischen dem positiven Molecul (1) und dem negativen (2) das Uebergewicht erhalten über die Anziehung der ungleichartigen Molecule in (2), indem sie unterstützt wird *erstens* durch die Abstoßung des positiven Pols auf das positive Theilchen (1), *zweitens* durch die Anziehung desselben Pols auf das negative Theilchen (2), *drittens* durch die Anziehungen und Abstoßungen des entgegengesetzten Pols, vermöge deren ebenfalls das negative Theilchen (2) nach dem positiven Pole hingetrieben, das positive Theilchen (2) aber nach entgegengesetzter Richtung von ihm losgerissen zu werden strebt. Mithin wird jetzt eine augenblickliche Combination des positiven Theilchens (1) mit dem negativen Theilchen (2) Statt finden. Da aber diese Combination in Bezug zum positiven Pol verkehrt angeordnet ist, indem ihm das gleichartige Theilchen zugekehrt, das ungleichartige von ihm abgewendet ist, so wird er durch seine Anziehungen und Abstoßungen die Combination umkehren, so daß das neue zusammengesetzte Theilchen jetzt in dasselbe Verhältniß zu ihm kommt, als vorher das Theilchen (1) und mithin auch dieselbe zersetzende Wirkung von ihm erfährt. Ein entsprechender Vorgang, als hier am positiven Pol erörtert worden, wird auch am negativen Pol vor sich gehen, und solchergestalt allmälig sich die Zersetzung durch die ganze Flüssigkeitsstrecke hindurch fortpflanzen.

Es leuchtet ein, daß solchergestalt die ganzen überführenden Wirkungen nur auf die Anziehung von Molecul zu Molecul sich gründen, so daß, ganz in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, kein

---

* Eigentlich würden wohl zwei Fälle zu unterscheiden seyn; einmal, wo sich das negative Theilchen mit der Substanz des Pols chemisch verbindet, und dadurch ein gewisses Quantum positiver El. desselben bindet, zweitens, wo sich das Theilchen vom Pole aus entbindet, wo der Umstand, daß es in neutralem Zustande entweicht, zeigt, daß es wirklich seine negative El. an den Pol abgegeben hat. Der Erfolg kommt in beiden Fällen auf die obige Vorstellung zurück.

** Eigentlich gilt diese Darstellung für die reine einfache Kette; wo jedoch diese durch Zwischenplatten unterbrochen ist oder mehrere wirksame Elemente zwischen sie eingeschoben sind, wird die obige Darstellung bei jedem neuen metallischen Elemente nur wiederholt zu werden brauchen.

Molecul eher aus der Flüssigkeit entweichen oder darin eine ihm eigenthümliche Reaction äußern kann, als bis es zum Polardrahte selbst gelangt ist, mit dem es sich nun nach derselben Folgerung verbindet (wenn dieser dazu fähig ist), als es sich zuvor mit allen ihm entgegengesetzt elektrischen Theilchen der Zwischenschicht verbunden hatte, oder von welchem aus es entweicht (wenn dieser nicht zur Verbindung mit demselben fähig ist), da es nun keine Theilchen mehr zur Verbindung vorfindet.

Was dieser Ansicht, daß die Molecule der Endschichten bei ihrem Uebergange zu den Polen in augenblickliche Verbindung mit den Moleculen aller Zwischenschichten treten, gar sehr zur Bestätigung dient, ist der Umstand, daß wir solche Verbindungen geradezu in manchen Fällen sich wirklich erzeugen sehen. So wenn die Schwefelsäure bei ihrem Uebergange zum positiven Pole durch Barytlösung streichen muß, fällt schwefels. Baryt nieder, und die Schwefelsäure langt nicht am positiven Pole an.

In diesem Falle ist die entstandene Verbindung in Wasser unauflöslich und fest. Sie besitzt keine freie Beweglichkeit der Theilchen mehr; diese vermögen daher nicht in die zur Zersetzung erforderliche Lage gekehrt zu werden, und so wird hier die Verbindung bleibend, während sie in allen andern Fällen, wo eine auflösliche Verbindung entsteht, nur augenblicklich ist, weil sie im nächsten Augenblicke, nachdem sie entstanden war, wieder getrennt wird.

Es ist bei den vorigen Erörterungen nicht mit in Betracht gezogen worden, daß auch die Flüssigkeiten elektromotorisch auf die Metalle, zwischen welchen sie eingebracht werden, wirken können. Es scheint jedoch, unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeiten mit den festen Körpern in Eine Spannungsreihe fallen, nicht, als ob dieser Umstand in den aus obiger Folgerungsart zu ziehenden Schlüssen eine andere Modification hervorbringen könne, als daß man öfters auf den Gegensatz größerer und geringerer Anziehung oder größerer und geringerer Abstoßung wird zurückführen müssen, was dort vom Gegensatz zwischen Anziehung und Abstoßung schlechthin abhängig gemacht wird. Ich gehe auf die Erörterungen hierüber nicht näher ein, da sie über das relative Verhältniß der elektromotorischen Wirkungen zwischen flüssigen und festen Körpern zu dem zwischen festen und festen Körpern so wie über andere Umstände Kenntnisse erfodern würden, die wir durchaus noch nicht besitzen.

Die von uns aufgestellte Theorie giebt zugleich den Erklärungsgrund, warum in einer ungeschlossenen Säule, so wie in einer geöffneten einfachen Kette die chemischen Zersetzungen keineswegs in derselben Art erfolgen können, als in der ungeschlossenen.

Hat man z. B. ein auf den abgewendeten Flächen mit feuchtem Papier belegtes Plattenpaar von Kupfer und Zink, welches vollkommen isolirt ist, so wird die Flüssigkeit auf jeder Seite sich sehr bald

gleichartig und gleich stark mit dem Metalle, an welchem sie anliegt, laden, und in diesem Zustande erhalten, in sofern sie keine entgegengesetzte El. zur Neutralisation, oder keine Ableitung zur Entziehung ihrer erlangten El. findet. Es wird also auf diese Weise kein größerer elektrischer Gegensatz zwischen den Metallen und der Flüssigkeit oder ihren Bestandtheilen bleiben können, als ihnen an sich schon zukommt.

Ganz dieselben Grundsätze finden auch auf die Säu'. ihre Anwendung.

Man muß jedoch hiebei in Obacht ziehen, daß in der Wirklichkeit eine vollkommene Isolirung beider Pole einer Säule von einander gar nicht zu erlangen ist, da theils die Luftfeuchtigkeit, theils selbst die am besten isolirenden Träger, den früher angeführten Versuchen zufolge, eine langsame Vereinigung der Elektricitäten durch sich hindurch gestatten müssen, so daß allerdings ein langsames Fortschreiten chemischer Veränderungen auch in der ungeschlossenen Säule zu erwarten seyn wird.

Die Erfahrung bestätigt diese Folgerungen der Theorie, indem sie in der ungeschlossenen Säule allerdings ein langsames Fortschreiten chemischer Veränderungen, welches aber doch in keinen Vergleich zu stellen ist mit dem in der geschlossenen erfolgenden, zu erkennen giebt *.

Ich bemerke, daß die hier aufgestellte Theorie der Zersetzungen durch die Volta'sche Säule hinsichtlich des dabei Statt findenden Austausches der Molecule ganz diejenige ist, die Grotthuß zuerst aufgestellt hat, und die man nach ihm am meisten befolgt hat. Blos ist sie mit der, im 27sten Capitel entwickelten, Grundansicht der Elektrochemie, nach welcher die Bestandtheile zusammengesetzter Körper sich schon von selbst in entgegengesetzt elektrischen Zuständen befinden, in Beziehung gesetzt worden.

Es scheint mir nicht überflüssig, hier die Theorie von Grotthuß mit seinen eigenen Worten, wie sie sich in s. phys. chem. Forschungen (S. 133) findet, wiederzugeben.

„Denken wir uns einen Wasserfaden, der aus drei integrirenden Theilchen besteht, deren jedes zusammengesetzt sey aus Sauerstoff, durch o bezeichnet, und aus Wasserstoff, durch h bezeichnet, und merken wir wohl, daß, was man von diesem Faden behaupten wird, auch auf alle andere Flüssigkeiten angewendet werden kann."

„In dem Augenblicke, da man einen Strom galvanischer El. hineinleitet, wird die polarische Anordnung der Elementartheilchen dieses Wassers rege, so daß sie gleichsam das Complement des galvanisch wirksamen Bogens werden, indem sie letzteren zum Cirkel schließen. Da der Sauerstoff durch den Zinkpol angezogen wird und der Wasserstoff durch den Kupferpol, so muß man natürlich schließen, daß jeder dieser beiden Stoffe im Augenblicke

* Vergl. Biot in Gilb. X. 3.

ſeiner Entſtehung einen elektrogalvaniſchen Zuſtand annimmt, der dem des Poles, durch welchen er angezogen wird, entgegengeſetzt iſt, und da man dieſen Schluß auf alle Theilchen des Waſſers ausdehnen kann, die auf dem Wege des Stromes liegen, ſo folgt daraus, daß bei je zweien und zweien die gleichartigen Stoffe ſich zurückſtoßen, während die fremdartigen ſich wechſelſeitig anziehen, ſo daß, wenn der Sauerſtoff o in den Zuſtand der elaſtiſchen Flüſſigkeit übergeht, angezogen durch den poſitiven Pol, ſein Waſſerſtoff h das ähnliche h' zurückſtößt und ſich mit dem Sauerſtoff o' des nächſten Theilchens Waſſer verbindet; zugleich ſetzt das zurückgeſtoßene h' das gleichartige h'' in Bewegung, und verbindet ſich ſelbſt mit dem Sauerſtoff o'' des dritten Theilchens Waſſer, deſſen Waſſerſtoff h'' endlich den gasförmigen Zuſtand annehmen muß, weil es in unmittelbarer Berührung mit dem negativen Pole iſt. Man ſieht leicht ein, daß während dieſer ganzen Wirkung blos die Theilchen des Waſſers in Gas verwandelt werden, die an den Enden der leitenden Fäden liegen, während daß alle andere, die zwiſchen ihnen liegen, blos wechſelſeitig ihre Elemente umtauſchen, ohne ihre Natur zu verändern."

Die Theorie von Grotthuß unterſcheidet ſich ſonach von der unſrigen blos in dem einzigen weſentlichen Puncte, daß Grotthuß einen nicht weiter erklärten Einfluß der Säule annimmt, vermöge deſſen ſie die Beſtandtheile des Waſſers erſt entgegengeſetzt elektriſch (polar) machen ſollen, um ſie dann zu trennen, dagegen nach unſerer Anſicht dieſe entgegengeſetzten Elektricitäten derſelben ſchon weſentlich in ihrem Verbindungszuſtande begründet liegen *.

Biot hegt eine eigenthümliche Anſicht über die Zerſetzungen durch die Volta'ſche Säule, welche wir übergehen würden, da ſie Thatſachen durchaus widerſpricht, wenn wir ſie nicht als zum Ganzen ſeines Werkes gehörig aufführen müßten.

Zuvörderſt erinnert Biot an die von uns erörterten Thatſachen, welche zeigen, daß die den Kreis zwiſchen den Polen einer Säule ſchließende Flüſſigkeit in der Nähe des poſitiven Pols ſelbſt poſitiv, in der Nähe des negativen Pols negativ, mit abnehmender Stärke nach der Mitte hin, ſey, und fährt alsdann weiter fort:

„Hieraus wird noch keineswegs erklärlich, warum eine Zerſetzung der chemiſchen Verbindungen unter dem Einfluß des Volta'ſchen Stroms erfolgt, oder, warum gewiſſe Subſtanzen, nachdem ſie frei geworden, ſich vorzugsweiſe nach dem poſitiven Pol begeben, während andre zum negativen gehen. Dieſe ausnehmend bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten hängen ohne Zweifel mit den allgemeinen Bedingungen zuſammen, unter welchen die chemiſchen Verbindungen ſtehen, Bedingungen, die bis jetzt noch völlig für uns im Dunkel

* Auch Berzelius (Lehrb. der Chemie. Dritte Aufl. I. 123) ſtimmt mit der Grotthuß'ſchen Theorie überein.

liegen, da wir noch nicht einmal genau anzugeben wissen, was denn eigentlich den Zustand chemischer Verbindung ausmache. Wird aber die Zersetzung eines Products einmal als geschehen angenommen, so reicht dann die ungleiche Vertheilung der beiden Elektricitäten in dem leitenden Mittel, wie wir sie anzunehmen genöthigt waren, vollkommen zur Erklärung der Erscheinung des Ueberführens hin. Dies zu zeigen, wollen wir von der Thatsache der Beobachtung ausgehen, daß ein solches Fortführen der Stoffe Statt hat, und z. B. ein Theilchen einer Säure betrachten, das auf seinem Wege zum positiven Pol begriffen ist. Um nun dahin durch die es umgebende Flüssigkeit geführt werden zu können, muß ihm in dem Augenblick, wo es sich aus seiner chemischen Verbindung trennte, eine Ladung der Art verliehen werden, die seinen Gang dem gemäß bestimmt und reguliert. Hiezu reicht hin, daß diese Ladung negativ sey, und stärker als die der nicht zersetzten flüssigen Theilchen, welche den negativen Leitungsdraht umgeben; denn dann wird das Säuretheilchen von dem, dem negativen Pol zunächst befindlichen, Theil der flüssigen Masse abgestoßen, und von dem, zur Seite des positiven befindlichen, angezogen werden. Wenn es also seinen Ueberschuß von El. nicht unmittelbar durch Mittheilung verliert, was bei der aufnehmenden Schwäche dieses Ueberschusses sehr möglich ist, so muß es, da der flüssige Zustand des Mittels, den es selbst theilt, seinen Bewegungen in demselben vollkommene Freiheit läßt, den fortschreitenden Kräften, durch die es sollicitirt wird, folgen; und indem es immer auf der Richtung fortgeht, nach der es durch die Gesammtheit dieser Kräfte getrieben wird, endlich am positiven Draht anlangen, wo es die negative El., die es besitzt, abgiebt, um sich mit dem Grade positiver El. zu laden, welcher den, in diesem Theile der flüssigen Masse gelegenen, Theilchen zukommt."

Wie man sieht, macht Biot die überführende Wirkung der Volta'schen Säule von der elektroskopischen El. derselben abhängig. Allein schon der Umstand, daß diese El. durch alle Umstände verringert wird, welche die Stärke des Stroms und die Wasserzersetzung befördern, würde die Unabhängigkeit hievon anzeigen; noch bestimmter aber geschieht dieses durch mehrere Wahrnehmungen Ermans, von denen im 32sten Capitel die Rede seyn wird.

Neuerdings hat auch de la Rive* eine Theorie der Wasserzersetzung aufgestellt, die wir glauben übergehen zu können.

---

* Ann. de Ch. et de Phys. XXVIII. 20.

Einunddreißigstes Capitel.

Von den Veränderungen, welche an den metallischen Elementen der Kette durch den Einfluß der Schließung bewirkt werden.

Die Veränderungen, welche die metallischen Elemente der Kette unter dem Einfluß der Schließung erfahren, sind zwar oberflächlich sehr vielfältig, gründlich aber sehr wenig beobachtet und studirt worden, indem man sich fast immer damit begnügt hat, das äußere Ansehen dieser Veränderungen anzugeben, ja oft aus dem Mangel einer äußerlich sichtbaren Veränderung auf den Mangel derselben überhaupt geschlossen hat. Noch überdies ist man in der Regel dabei stehen geblieben, diejenigen Veränderungen in Betracht zu nehmen, welche an den Polen der Säule oder deren Verlängerungen vor sich gehen. Auch würde dieses wohl bei übrigens gehöriger Genauigkeit hinreichend seyn, da angegebnermaßen die chemischen Veränderungen zwischen den Polardrähten einer Säule wesentlich übereinstimmen müssen mit denen, die in der Säule selbst vor sich gehen, Gleichheit der Metalle und Flüssigkeit vorausgesetzt.

Die Erörterungen dieses Capitels werden daher um so kürzer seyn, da wir einen Theil der Veränderungen, welche an den Polen der Säule vor sich gehen, schon in frühern Capiteln betrachtet haben, die Beobachtung einiger andern eigenthümlichen Erscheinungen aber einem besondern Capitel aufsparen werden. Ich begnüge mich im Nachstehenden, einen kurzen zusammenfassenden Ueberblick darüber zu geben.

Abgesehen von der elektrochemischen Theorie lehrt die Erfahrung, daß das Metall am positiven Pol der Kette sich mit den elektronegativen, das Metall am negativen Pol sich mit den elektropositiven Bestandtheilen der zwischen ihnen befindlichen Flüssigkeit zu vereinigen strebt, und insofern alle oder fast alle Flüssigkeiten, die wir bis jetzt der Zersetzung durch die Volta'sche Säule fähig wissen, Wasser oder wenigstens dessen Bestandtheile in sich enthalten, strebt am positiven Pole vorzugsweis die Bildung von Oxyden, am negativen Pole vorzugsweis die Bildung von Wasserstoffmetallen zu erfolgen. Sind Salze im Wasser aufgelöst, so werden im Allgemeinen zugleich die Drähte am positiven Pol durch die Säure angegriffen und aufgelöst, während die Drähte am negativen Pol durch Absatz der Basen oder reducirten oder mit Wasserstoff verbundenen Metalle, an ihnen eine Modification ihrer Oberfläche erfahren können. Die Verbindung der Drähte mit den Bestandtheilen der zersetzten Flüssigkeit erfolgt allerdings nicht in allen Fällen. Denn wenn z. B. das Metall am positiven Pole selbst zu elektronegativ vermöge seiner Beschaffenheit ist, so kann es hiedurch der Verbindung mit dem negativen Bestandtheile der zersetzten Flüssigkeit widerstreben oder

wenigstens keine Verbindung damit zulassen, die auch noch, nachdem es aus dem Kreise der Kette herausgenommen worden und dadurch sein künstlicher positiver Zustand aufgehoben worden ist, fortdauerte. In der That sehen wir, daß die sogenannten edlen Metalle, Silber, Gold und Platin im Wasserzersetzungsapparate am positiven Pole angebracht, unoxydirt bleiben; dagegen sie um so leichter Verbindungen mit Wasserstoff am negativen Pole angebracht erfahren, und so umgekehrt.

Oefters beobachtet man an den Metallen, welche als Pole der Kette gedient haben, keine ins Auge fallende Veränderungen; allein prüft man sie dann gegen andere nicht hiezu angewandte Metalle, so findet man, daß sie ihr elektromotorisches Verhältniß zu denselben geändert haben. Von diesen Veränderungen und der Wahrscheinlichkeit, daß auch sie auf wirklichen, für das Auge nur nicht sichtbaren, chemischen Alterationen der metallischen Oberfläche beruhen möchten, haben wir schon im 23sten Capitel ausführlich genug gehandelt, um hier einer neuen Erörterung entübrigt zu seyn.

Läßt man den einen Pol in eine feine metallische Spitze sich verlängern, während der andere Pol eine metallische Platte darstellt, die ihr in der Flüssigkeit bis auf eine sehr kleine Weite genähert ist, so sieht man auf der Platte den Absatz der elektropositiven oder elektronegativen Substanzen in concentrischen, gewöhnlich gefärbten, Ringen erfolgen. Diesen Erscheinungen, welche den Namen der Nobili'schen elektrochemischen Figuren führen, werden wir ihrer besondern Gestaltungs- und andern Beziehungen halber ein besonderes Capitel widmen.

Endlich verweisen wir auch hinsichtlich der metallischen Niederschläge, welche sich aus Metallauflösungen an den Polardrähten der Kette, namentlich dem negativen bilden, in sofern sie nicht auf der Bildung von Wasserstoffmetallen oder Hyperoxyden beruhen, die wir schon früher betrachtet haben, auf das Capitel, wo von Fällung der Metalle im Allgemeinen die Rede seyn wird.

Zweiundvreißigstes Capitel.

Chemische Wirkungen an metallischen Zwischenbogen und Zwischenplatten.

Wenn man die Flüssigkeit, welche im Kreise einer Volta'schen Kette befindlich ist, durch metallische Zwischenplatten oder Zwischenbogen unterbricht, was auf eine der auf S. 181 erörterten Weisen geschehen kann, oder selbst, wenn man in die Flüssigkeit nur einen metallischen Körper hineinbringt, ohne daß er zwei Portionen derselben vollkommen von einander scheidet, so sieht man an den Stel-

len, wo der Strom in dieſe Zwiſchenbogen ein- und austritt, im Allgemeinen alſo an ihren den Polen gegenüberliegenden Enden, chemiſche Wirkungen vor ſich gehen, die wir zuvörderſt ihrem Thatſächlichen nach betrachten wollen.

Das allgemeine Erfahrungsreſultat in dieſem Bezug, was uns der Erörterung der einzelnen Fälle überheben wird, iſt, daß an demjenigen Ende des Zwiſchenmetalls *, welches dem poſitiven Pol zugekehrt iſt, gerade ſolche chemiſche Wirkungen vor ſich gehen, als wenn es ſelbſt einen negativen Pol darſtellte, dagegen umgekehrt dasjenige Ende, welches dem negativen Pol zugekehrt iſt, einen poſitiven Pol darzuſtellen ſcheint.

So wird man z. B. finden, wenn man die Polardrähte einer Säule in eine Röhre oder eine Schale mit Flüſſigkeit tauchen läßt, und zwiſchen ſie einen Eiſendraht oder andern oxydirbaren Draht legt, oder wenn man ſie in zwei verſchiedene Gefäße mit Flüſſigkeit taucht, und dieſe durch einen Eiſendraht verbindet, daß ſich an dem Ende des Eiſendrahts, welches dem poſitiven Polardraht gegenüber liegt, Waſſerſtoffgas entbindet, während das entgegengeſetzte Ende, welches dem negativen Polardraht gegen über liegt, ſich oxydirt, und die Mitte des Drahts ſich indifferent verhält **.

Dieſe Erſcheinungen erſtrecken ſich nicht blos auf ein einziges Zwiſchenmetall, ſondern man kann deren eine beliebige Anzahl in Form von ſucceſſiven Scheidewänden, Zwiſchenbogen oder in die Flüſſigkeit gelegten Drähten anwenden; immer wird jedes Ende oder jede Fläche des Metalls, worein der poſitive Strom eintritt, ſich als negativer, jedes entgegengeſetzte Ende ſich als der poſitive Pol hinſichtlich der daran beobachteten chemiſchen Erſcheinungen verhalten; nur muß in dem Grade, als man die Anzahl der Zwiſchenmetalle vermehrt, auch die Plattenanzahl der urſprünglichen Säule vermehrt werden müſſen, um deutliche Erfolge zu erhalten.

Selbſt an Queckſilber kann man dergleichen Wirkungen wahrnehmbar machen, indem man z. B. die Biegung einer V förmig

---

* (Oder bei Platten an derjenigen Fläche, welche u. ſ. w.)

** Erman fand, daß, wenn der Draht in der verlängerten Richtung der beiden Polardrähte zwiſchen ihnen lag, ſo war ſich die Waſſerſtoffgas-, die Indifferenz- und die Oxydſtrecke des Drahts an Länge gleich. Je mehr man aber den Mitteldraht gegen die Richtung der Polardrähte neigte, deſto weiter erſtreckte ſich die Gas- und Oxydſtrecke und die Indifferenzſtrecke wurde immer geringer. Die Gas- und Oxyd-Erzeugung nahm aber darum nicht zu, die Wirkung war im Gegentheile obenein genommen geſchwächt; nur erſtreckte ſie ſich auf größere Theile der Oberfläche. Als endlich der Mitteldraht ſo um ſeinen Mittelpunct gedreht wurde, daß er mit der verlängerten Richtung der Polardrähte einen rechten Winkel machte, theilte ſich der ganze Mitteldraht der Breite nach in die erwähnten drei Abtheilungen. In dieſer Lage aber war die abſolute Quantität des Gas ſehr gering in Vergleichung mit der, die von den Spitzen in ihrer erſten Lage herrührte. (Gilb. X. 8).

gebogenen Röhre damit füllt, den übrigen Theil der Schenkel dieser Röhre mit einer Leitungsflüssigkeit füllt und in diese Flüssigkeit die Poldrähte einer Säule hinein reichen läßt.

Durch Versuche an eingebrachten Zwischendrähten hat Erman * die schönsten Beweise erhalten, daß die chemischen Zersetzungen im Volta'schen Kreise unabhängig von der elektroskopischen El. sind, die er in seinen verschiednen Theilen zeigt, indem diese vielmehr als eine Art Ueberschuß von El., welche ins Spiel derselben nicht eingeht, zu betrachten ist.

Es stelle Fig. 54 eine, mit zwei Tubulaturen versehene, Wasserzersetzungsröhre vor, in welcher einerseits die Polardrähte A, B durch Pfropfe, andrerseits die Zwischendrähte C, D, welche mittelst einer knieförmigen Biegung zu den Tubulaturen herausreichen, angebracht sind. Man wird finden, daß der Draht D an seinem Knie Oxyd oder Sauerstoffgas, an seiner Spitze Wasserstoffgas giebt, ungeachtet der ganze Draht negative elektroskopische El. zeigt **, weil er sich in der negativen Hälfte der Wassersäule befindet u. s. f., Versuche, welche Erman noch auf manche Weise abgeändert hat, und die sämmtlich zu dem Resultat führen, daß zwischen dem Zustande freier El., den die Drähte zeigen und ihrer chemischen Wirkung in der Kette nicht der geringste Bezug Statt finde ***.

Die chemische Wirkung einer Kette kann ihrer Summe nach durch Einbringung von Zwischenmetallen verstärkt werden, ungeachtet die Wirksamkeit der Kette an jedem einzelnen Puncte durch diese Einbringung um so mehr vermindert wird, je geringer der Leitungswiderstand der Kette ist.

De la Rive hat sich hiervon durch folgende Versuche überzeugt †.

Er theilt ein Gefäß durch eine Platinplatte in zwei Abtheilungen, die mit einer Salzauflösung gefüllt wurden, und ließ in dieselben die Polardrähte der Säule tauchen. Wiewohl nun die Platinplatte fast einen Fuß Länge hatte, und sich senkrecht auf der, beide Polardrähte verbindenden, Linie befand, und wiewohl das Ende jedes Polardrahts nur ungefähr 3 Zoll weit von dieser Platte entfernt war, beobachtete man doch auf beiden Flächen der Platte in ihrer ganzen Länge eine ziemlich beträchtliche Gasentwickelung, und die blaugefärbte Salzlösung röthete und grünte sich an allen Stellen, wo sie mit der Platinscheidewand in Berührung war.

---

* Gilb. X. 1 ff.

** Erman überzeugte sich hiervon durch besondere Versuche auch in Bezug auf das im Wasser liegende Ende des Drahts.

*** Ritter hat auch nachgewiesen, daß Elektrisirung einer isolirten, im Wasserzersetzungsapparate befindlichen, Säule mittelst gewöhnlicher Maschinenelektricität auf die Wasserzersetzung nicht den mindesten Einfluß äußere (Gilb. VIII. 470).

† Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 204.

Indeß ließ sich denken, daß, in dem Maße, als an den eingebrachten Scheidewänden Gasentwickelung eintrat, sich die Gasentwickelung an den Polardrähten vermindern könnte. Wenn jedoch de la Rive eine sehr kräftig wirkende Säule und eine gut leitende Flüssigkeit im Gefäße anwandte, so fand er, daß die Polardrähte in derselben Zeit eben so viel Gas entbanden, wenn zwei bis drei Scheidewände zwischeneingebracht waren, als wenn keine Scheidewände sich dazwischen befanden; wiewohl die Scheidewände nun noch überdieß jede für sich Gas an ihren beiden Flächen entbanden, so daß solchergestalt die absolute Menge entbundenen Gases durch Scheidewände bedeutend verstärkt wurde. Andererseits jedoch fand de la Rive, daß wenn die Wirksamkeit der Säule abgenommen hatte, dann die Gaserzeugung an den Polen durch Einbringung von Scheidewänden wirklich geschwächt ward *.

Es verdient bemerkt zu werden, daß selbst nichtmetallische flüssige Körper die chemischen Erscheinungen der Zwischenmetalle an ihren Enden darbieten können, wenn ihren Theilchen die freie Beweglichkeit abgeht. Mindestens deutet hierauf eine Beobachtung von Grotthuß **. Eine mit Flüssigkeit gefüllte Glasröhre stand in einem mit Flüssigkeit gefüllten Becher. In die Flüssigkeiten wurden die Polardrähte der Säule geleitet. Beide Flüssigkeiten communicirten blos durch einen ganz feinen in der Glasröhre enthaltenen Riß, in der sich die Flüssigkeit durch Capillarität eingengt fand; und an den entgegengesetzten Enden dieses Risses sahe nun Grotthuß die respectiven chemischen Wirkungen vor sich gehen.

Wahrscheinlich gehört hieher auch der Versuch Davy's, zufolge dessen, wenn man die beiden Poldrähte einer starken Säule in zwei verschiedene Becher mit Flüssigkeit leitet, und diese Becher durch Eintauchen der Finger beider Hände verbindet, an den Poldrähten die respective Entwickelung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas wie gewöhnlich erfolgt. Da es nun schwer ist, anzunehmen, daß hiebei der Wasserstoff, welcher dem am positiven Pol frei werdenden Sauerstoff entspricht, durch den Körper hindurchgeführt werde, so ist sehr wahrscheinlich, da man sonst nicht wüßte, wo er hin käme, daß er sich hiebei an den Fingern entbunden habe; worauf keine Aufmerksamkeit beim Versuch scheint gerichtet worden zu seyn. Doch verdient dieses Untersuchung.

Die Erklärung der chemischen Wirkungen der Zwischenplatten läßt sich sehr genügend auf die von uns vorgetragene Erklärung der chemischen Wirkungen der Säule überhaupt gründen. In der That, wenn die Bestandtheile bei ihrem Uebergange nach den entgegenge-

---

* Ungeachtet auch hier noch die Gesammtmenge des hier und an den Scheidewänden entbundnen Gases größer seyn konnte, als bei Weglassung der Scheidewände an den Polen allein.

** Schweigg. J. XXVIII. 315.

setzten Polen unterwegs ein Metall treffen, werden sich ihre entgegengesetzten Elektricitäten, indem sie von beiden Seiten in das Metall eintreten, gerade so durch dieses Metall hindurch neutralisiren, als wenn sie an dem entgegengesetzten Pole der Säule selbst anlangen, und werden sich nach Beschaffenheit des Zwischenmetalls mit diesem verbinden oder von ihm entbunden können; wobei von selbst erhellt, daß das dem positiven Pole gegenüberstehende Ende des Metalls einen Wasserstoff-, das andre einen Sauerstoffpol darstellen muß. Sind mehrere Zwischendrähte oder Bogen vorhanden, z. B. zwei, so werden sich die entgegengesetzten Elektricitäten nicht unmittelbar durch beide hindurch mit vollkommner Freiheit neutralisiren können, wegen des Widerstandes, den ihnen der Uebergang in die zwischen befindliche Flüssigkeit darbietet, sondern, indem sie von beiden Seiten bis zu den einander zugekehrten Enden der Drähte gelangen, hier neue elektrische Pole darstellen, welche eine neue Zersetzung der Flüssigkeiten zwischen ihnen und Ueberführung von Bestandtheilen bewirken werden, vermöge deren nun die Neutralisation der Elektricitäten in jedem Draht besonders erfolgt *, und diese Folgerung wird sich auf eine beliebige Menge von Zwischenmetallen ausdehnen lassen.

Was diese Erklärungsweise sehr zu unterstützen scheint, ist der Umstand, daß dasjenige Ende des Zwischenmetalls, welches sich dem negativen oder Wasserstoffpole der Säule gegenüber befindet, vermöge des Einflusses der Ladung selbst negativ elektrisch, das dem Sauerstoffpole gegenüberbefindliche selbst positiv elektrisch wird, wie aus dem von der Ladung der Metalle handelnden Capitel erhellt. Mithin, wenn die an den Zwischenmetallen beobachteten Erscheinungen von diesen selbst ausgiengen, so müßte eigentlich dasjenige Ende derselben, an welchem wir Wasserstoff sich entwickeln sahen, Sauerstoff hergeben, und umgekehrt; dagegen der Erfolg ganz natürlich erscheint, wenn wir annehmen, daß die Zwischenmetalle blos gleichsam eine Scheidewand abgeben, über welche die, im Uebergange vom einen zum andern Pole begriffenen, Bestandtheile nicht hinausgehen können, weil ihnen das Metall die Elektricitäten, die dieses Ueberführen bewirken, entzieht. Es ist im Sinne dieser Ansicht sogar wahrscheinlich, daß die Zwischenmetalle vermöge ihres Ladungszustandes chemische Wirkungen von entgegengesetzter Art, als wir wirklich an ihnen beobachten, hervorzubringen streben **; daß aber diese Wirkungen von den Erscheinungen, die die übergeführten Bestandtheile an ihnen hervorrufen, überwogen und versteckt werden.

---

* So daß die Pole, in dem Maße als sie entstehen, auch durch diese Wirkung wieder aufgehoben werden; daher sie allerdings nicht am Elektroskop wahrnehmbar werden können.

** Und aus der Kette herausgenommen würden sie dieselben unstreitig in entgegengesetzter Art zeigen.

Man darf keinen Gegengrund gegen dieſe Anſicht darin ſuchen, daß durch Zwiſchenplatten ſogar eine allgemein größere Gasentbindung hervorgerufen zu werden vermag, als ohnedem; denn die breite metalliſche Fläche, welche ſich den übergeführten Beſtandtheilen in den Zwiſchenplatten zur Ausgleichung ihrer Elektricitäten darbietet, kann auch wohl eine beſchleunigte Entwickelung dieſer Beſtandtheile zur Folge haben.

Zweiunddreißigſtes Capitel.

Elektrochemiſche Figuren von Nobili *.

Wir haben S. 380 ſchon im Allgemeinen erwähnt, daß der Abſatz der Beſtandtheile der durch die Säule zerſetzten Flüſſigkeit an den Polen in einer, auf eigenthümliche Art ins Auge fallenden, Weiſe erfolgt, wenn man den einen Pol in eine Platte, den andern in eine Spitze ausgehen läßt, die ſich in der Flüſſigkeit nahe gegenüberſtehen. Wir wollen dieſe intereſſanten Erſcheinungen, wiewohl ſich bis jetzt noch keine Folgerungen von großer Wichtigkeit daran knüpfen laſſen, hier einer nähern Betrachtung unterwerfen.

Eine zugleich einfache und bequeme Vorrichtung, dieſe Erſcheinungen hervorzubringen ** iſt, daß man zwei ſtarke, aber unten in eine feine Spitze ausgezogene Platindrähte ***, durch zwei, ungefähr in einem Zoll Abſtand von einander, gebohrte Löcher eines Querholzes, z. B. des für die Errichtung der galvaniſchen Säule beſchriebenen Geſtelles, vertical hindurchgehen läßt, ſo daß ſie ſich in den Löchern oder in darin befeſtigten Korken auf und abſchieben laſſen. Unter die Drähte ſetzt man ein gläſernes oder porzellanenes Gefäß, in welches man eine Metallplatte legt, die man ein oder zwei Linien hoch mit Flüſſigkeit übergießt. Man ſchiebt nun den einen Draht

---

* Man ſuche Nobili's Verſuche in der Bibl. univ. XXXIII. 392. XXXIV. 190. XXXV. 60. XXXVI. 3. XXXVII. 177.; ihre vollſtändige Ueberſetzung in Schweigg. J. XLIX. 8. L. 144. LII. 441. 456. LIV. 60.; auch zum größten Theil in Pogg. Ann. X. 392. — Bemerkungen von de la Rive in Schweigg. J. LIII. 452. Ueber die analogen Figuren durch gewöhnliche El. von Prieſtley vergl. Philos. transact. LVIII. 68; oder Prieſtley Geſch. 432. oder Schweigg. J. L. 166. Nobili's Bemerkungen darüber in Bibl. univ. XXXVIII. 31; auch Schweigg. J. XXXIV. 60. oder Pogg. Ann. X. 500.

** Nobili beſchreibt eine zuſammengeſetztere Vorrichtung, die jedoch entbehrlich iſt (Schweigg. J. LIV. 40).

*** Man kann ſtatt Platindrähten Drähte von beliebigem Metall anwenden, nur der Haltbarkeit halber ſind jene vorzuziehen. Wie es ſcheint, ſtellt Nobili die Drähte bis zur Spitze durch Einſchließen in Glasröhren, nach Art der Wollaſton'ſchen Vorrichtung (Th. II. S. 772).

ſo weit herab, daß er mit der Platte in Berührung kommt, während die Spitze des andern ¼ Linie oder noch weniger davon entfernt bleibt, oder auch man läßt die Spitzen beider Drähte um ſo viel von der Platte entfernt, und ſetzt die Drähte jedenfalls mit den Polen der Säule in Verbindung *.

Hat man die Spitzen beider Drähte in einiger Entfernung von der Platte gelaſſen, ſo wirkt ſie als eingebrachte Zwiſchenplatte, und es bilden ſich beiden Drähten gegenüber Figuren; iſt aber ein Draht mit der Platte in Berührung, ſo wirkt ſie blos als Verlängerung des Polardrahts und es bildet ſich dann auf ihr blos eine einzige Figur, der entgegenſtehenden Drahtſpitze gegenüber. Im letztern Falle erſcheint die Figur deutlicher und entwickelter, dahingegen im erſtern, wo poſitive und negative Figuren ** zugleich entſtehen, eine wechſelſeitige Störung ihrer Formen Statt findet, wofern man nicht die Drähte in etwas weiterer Entfernung von einander auf die Platte wirken läßt.

Wir begnügen uns, von den, eine außerordentlich große Menge Flüſſigkeiten umfaſſenden, Verſuchen Nobili's blos einige wenige, welche uns nach ſeiner Beſchreibung beſonders zur Wiederholung aufzufodern oder den Vorgang beſonders zu erläutern ſcheinen, anzuführen.

Eſſigſaures Blei ***. Auf poſitivem Gold und Platin bildeten ſich binnen wenig Augenblicken verſchiedene, concentriſche, mit Regenbogenfarben ſchillernde, Ringe, von eben ſo lebhaft glänzender Farbe, als die Farbenringe Newtons. Dieſe ſchillernden Ringe entwickeln ſich einer aus dem andern, indem ſie nach Art der Wellen fortſchreiten; ihre Lebhaftigkeit und Nettigkeit hängt zum großen Theil ab von dem Grade der Politur der Oberfläche, auf welcher ſie hervortreten. Auf wenig polirten Flächen zeigen ſie ſich gewöhnlich ſchwach und verwirrt. Sie widerſtehen der Wirkung eines mäßigen Feuergrades; aber verſchwinden gänzlich durch Salpeterſäure. Weniger beſtimmt, aber viel mannichfaltiger wird die Erſcheinung, wenn man die Anzahl der negativen Polardrahtſpitzen vermehrt und dieſe zu regelmäßigen Figuren, z. B. in Geſtalt eines Dreiecks, Vierecks u. ſ. w. anordnet. So viele Spitzen, ſo viele Syſteme concentriſcher Regenbogenfarben ſchillender, Ringe bilden ſich auf der entgegengeſetzten Platte; und dieſe durchkreuzen und ſchneiden ſich nicht bei ihrer Verbreitung, wie dies Wellen thun

---

* Zur Darſtellung der poſitiven Figuren reicht ſchon eine Säule von 12 Plattenpaaren vollkommen hin; zur Darſtellung der negativen muß man ſich im Allgemeinen einer ſtärkern Säule bedienen, oder man muß gemiſchte Auflöſungen anwenden.

** Wir nennen poſitive Figur die, welche auf der Platte entſteht, wenn ſie mit dem poſitiven Polardrahte in Berührung iſt, negative die, welche auf der Platte entſteht, welche mit dem negativen Polardrahte verbunden wird.

*** Auch eine Miſchung von eſſigſaurem Blei und eſſigſ. Kupfer empfiehlt ſich ſehr.

würden, sondern, wenn sie mit einander in Berührung gekommen sind, vergrößern sie sich blos in der Richtung nach Außen, so daß sie nur Einen gemeinschaftlichen Umkreis bilden. — Auch positives Silber zeigt die nämlichen Regenbogenfiguren, wiewohl minder deutlich, als Gold und Platin. — Blei, Zinn, Wismuth und Antimon zeigten nichts Bemerkenswerthes.

Brechweinstein. Auf positivem Silber fünf, von der Mitte ausgehend, folgendermaßen gefärbte Ringe. Der erste dunkel, der zweite silberweiß, der dritte himmelblau, zum Violetten neigend, der vierte silberweiß, der fünfte violet, aber lichter an seinem äußern Rande. — Auf negativem Silber fünf andre concentrische Ringe, von welchen der erste schwarz, der zweite gelbröthlich, der dritte schwarz, der vierte hellblau, der fünfte schwach dunkelgefärbt.

Essigsaures Kupfer und Salpeter. — Auf negativem Silber: ein metallisch glänzendes Centrum, dann eine Reihe concentrischer Ringe, die in folgender Ordnung einander folgten. Der Mitte zunächst zwei kleine grüne Ringe von nicht sehr intensiver Färbung; dann ein weißer, ein rother, ein grünlicher und endlich eine schön feuerrothe Kupferzone. Um diese Zone schließt sich ein himmelblauer, mit stralenförmig sich ausbreitenden Linien, gleich einem graduirten Kreise, bezeichneter Ring. Diese Stralen erstrecken sich bis auf den Kupferring. Zuletzt kommt eine zweite, ungleich breitere, aber eben so glänzende Kupferzone, umgeben von einem schönen, grünen Ringe, welcher die Figur begränzt. — Auf Gold und Platin zeigen sich die nämlichen Erscheinungen. Von Einfluß auf das Gelingen des Versuches ist es, daß die Metallscheiben nicht zu sehr polirt sind.

Petersiliensaft. — Auf positivem Silber: ein dunkelfarbiger Punct im Centrum, umgeben von einem weißlichen und einem grünen Stoffe; dann zwei schöne Regenbogen, von denen der eine stärker gefärbt ist als der andere, und die von dem Centralpuncte durch eine Zone geschieden sind, welche von einem so durchsichtigen Flore überzogen ist, daß sie kaum von reinem Silber sich unterscheidet. Hitze ertheilt den Regenbogen außerordentliche Lebhaftigkeit und Glanz.

Rübensaft. — Auf positivem Silber: in der Mitte ein rother Punct, umgeben von 4 Ringen, deren erster gelb, der zweite blau, der dritte roth und der vierte grün ist; weiter nach Außen zeigen sich zwei oder drei sehr schöne Regenbogen.

Schweinegalle. — Auf negativem Silber: im Centrum ein Stoff, der nach Innen zu dunkel und nach Außen gelb gefärbt ist; dann einige verschiedenartig gefärbte Ringe, welche von einem sehr deutlichen Regenbogen umgränzt sind, der seinerseits in eine blaue Zone sich auflöst. Zwischen dem Regenbogen und den inneren Ringen zeigt sich eine Zone von schöner Rosenfarbe.

Diese Figuren haben bei allen Flüssigkeiten und auf allen Metallen, die man anwenden mag, und wo sie überhaupt entstehen, das mit einander gemein, daß sie concentrisch, abwechselnd hellere und dunklere, öfters gefärbte, Ringe bilden, und zwar gilt dieses sowohl für die negativen als für die positiven Figuren. Jedoch überwiegt der positive Pol bei Weitem den negativen Pol in dem Vermögen, sich in der Form solcher Figuren mit ausgeschiedenen Substanzen zu überziehen, welcher Unterschied schon bei chemischen Präparaten beträchtlich ist, aber noch ohne Vergleich stärker wird, wenn man organische z. B. thierische Flüssigkeiten oder Pflanzensäfte anwendet, mit welchen man sogar nur am positiven Pole gut ins Auge fallende Phänomene erhält.

Man kann jedoch die Wirkung des negativen Pols theils durch Verstärkung des elektrischen Stroms, theils, wenn man Metallauflösungen anwendet, durch Hinzufügung eines Salzes mit alkalischer Basis zu denselben erhöhen.

Ueberhaupt ändert sich die Beschaffenheit und Intensität der Farben sehr nach Beschaffenheit des angewandten flüssigen Leiters. Die Erscheinungen, welche man am positiven Pole bei Zersetzung thierischer und vegetabilischer Flüssigkeiten erhält, sind im Allgemeinen viel schöner und lebhafter, als die, welche aus chemischen Präparaten erhalten werden. Unter letztern scheinen die Metallauflösungen und ihre Mischungen unter einander und mit Alkalisalzlösungen am geeignetsten zur Hervorbringung dieser Erscheinungen, am wenigsten geeignet die Alkalisalzlösungen; doch hat Nobili mit nicht wenigen derselben auf Silber, Kupfer und Messing positive Figuren erhalten. — Im Allgemeinen bediente er sich concentrirter Auflösungen.

Als Platten zur Aufnahme der elektrochemischen Figuren scheinen sich nur die negativern Metalle von Messing an zu eignen; mindestens bemerkte Nobili in den Fällen, wo er positivere Metalle anwandte, kein deutliches Erscheinen von Figuren darauf. Vielleicht liegt dieser Vorzug der negativen Metalle, wenigstens in Bezug zu den positiven Figuren, nur darin, daß sie minder leicht selbst von der Flüssigkeit angegriffen werden, mithin dem Ansatz der Substanzen eine unverändert bleibende Fläche darbieten: denn sonst schiene für die positiven Figuren eine Elektronegativität des Metalls eher ungünstig wirken zu müssen; wie denn Nobili wirklich öfters an Silber dergleichen Figuren entstehen sahe, wo an Gold und Platin keine entstanden; wiewohl sie öfters auch an Silber undeutlicher als an letztern Metallen ausfielen.

Im Allgemeinen widerstehen die elektrochemischen Figuren mehr oder weniger der Wirkung des Reibens. Durch Erhitzung werden ihre Farben oft auf überraschende Weise belebt.

Hat man eine Figur hervorgebracht, welche dem einen Pole entſpricht, ſo kann man ſie wieder verſchwinden machen, wenn auch nicht ganz, indem man einen el. Strom von entgegengeſetzter Richtung darauf wirken läßt. Dieſe Umkehrung giebt zuweilen zur Entſtehung neuer Farben Veranlaſſung, welche den Charakter der urſprünglichen Erſcheinung verändern.

Ueber die Formſtörung der elektrochemiſchen Figuren, welche beobachtet wird, wenn man poſitive und negative Figuren zugleich auf derſelben Platte entſtehen läßt, hat Nobili in Bezug zu einer Miſchung von eſſigſ. Blei und eſſigſ. Kupfer auf Platin folgende nähere Beſtimmungen gegeben.

Während jede Figur einzeln dargeſtellt vollkommen rund iſt, ſo ſind dagegen beide zugleich dargeſtellt ſtets mehr oder weniger zuſammengedrückt und kleiner als bei einzelner Darſtellung. Jedenfalls aber bleibt zwiſchen beiden Figuren ein vollkommen reiner und glänzender Zwiſchenraum, in welchem die Scheibe auch nicht vom geringſten Hauche überzogen erſcheint. Zu beiden Seiten dieſes Zwiſchenraums ſind die Umriſſe der Figuren ſo ſcharf abgeſchnitten, daß die dunkle Farbentinte der Platte, welche die Figuren am äußern Rande umgiebt, hier ganz und gar fehlt.

Man kann jedoch dieſe Störung der Form dadurch verhüten, daß man die Communication der Flüſſigkeit von einer Hälfte der Platinplatte zur andern durch eine gläſerne Scheidewand hindert, ſo daß der Strom blos durch die Platinplatte ſelbſt von einer Hälfte des Gefäßes zur andern gelangen kann. In dieſem Fall erſtrecken ſich beide Figuren ganz ohne Formſtörung bis dicht an die Scheidewand.

Ueber die, den Gang des Stroms betreffenden Umſtände, von welchen dieſe Formſtörungen abzuhängen ſcheinen, verweiſen wir auf die Originalabhandlung *.

Stellt man die Verſuche mit eſſigſaurem Blei und eſſigſauren Kupfer, einzeln genommen, an, ſo erzeugen ſich ähnliche Phänomene; in dieſem Falle aber übertrifft die eine der beiden Figuren die andere bedeutend an Ausdehnung und an Lebhaftigkeit der Farben. Bei Anwendung von eſſigſ. Blei iſt die poſitive Figur ſehr groß, und beſteht aus ſchönen farbigen Ringen, die ſehr feſt auf der Scheibe haften, während die negative Figur nur aus einer ziemlich dünnen Schicht von nicht ſehr feſt anhängenden Bleitheilchen beſteht, die ſich durch bloßes Reiben mit den Fingern hinwegwiſchen laſſen. Das Gegentheil findet beim eſſigſauren Kupfer Statt; in dieſem Fall iſt die negative Figur die ausgezeichnetſte und am feſteſten haftende.

---

* Schweigg. J. LIII. 481.

Es läßt ſich in dieſer Hinſicht kein allgemeines Geſetz aufſtellen: bald iſt die eine, bald die andere Figur die deutlichere oder es fehlt eine oder beide. Was jedoch beſondere Bemerkung verdient, iſt, daß in dem Fall, wo nur eine der Figuren ſich ausbildet, dieſe eben ſo beſchränkt erſcheint, als ob ihr die andre zur Seite ſtände, welches anzudeuten ſcheint, daß eine wirkliche, aber nur nicht ſichtbare, Modification des Metalls neben ihr allerdings Statt finde.

Die von Prieſtley zuerſt wahrgenommenen Figuren, die wir ſchon Th. II. S. 311 Anm. erwähnt haben, ſcheinen, wiewohl in dem äußern Anſehen einige Analogie mit den vorigen zeigend, doch ihrer Entſtehungsart nach zu verſchieden davon zu ſeyn, um mit ihnen zu einer Klaſſe zu gehören. Ueber ihre nähere Kenntniß verweiſen wir auf die S. 385 angeführte Literatur.

Schließlich will ich noch bemerken, daß man nach meinen Erfahrungen ſehr nette Figuren, welche alle Kennzeichen der Nobili'ſchen tragen, ſchon mittelſt der einfachen Kette auf folgende Art hervorrufen kann. Man legt ein Silber- oder Platinblech in eſſigſaure Kupferauflöſung oder Kupfervitriollöſung, und berührt es mit einer Zinkſpitze: ſofort bilden ſich um dieſe Spitze concentriſche, abwechſelnd helle und dunkle Ringe auf dem Blech. Was dieſe Erſcheinung beſonders intereſſant macht, iſt, daß wenn man das Blech nur ein paar Secunden mit der Zinkſpitze berührt hat und letztere dann zurückzieht, die Entwickelung der Erſcheinung dann noch weiter fortſchreitet, indem die Ringe, namentlich die innern, ſehr intenſive Farbenabſtufungen durchlaufen, zuletzt aber bei mehrern Abwechſelungen von Blau und Roſtgelb ſtehen bleiben. Etwas anders geartete Ringe kann man erhalten, wenn man die Zinkſpitze dem Silber- oder Platinblech auf eine kleine Weite innerhalb der Flüſſigkeit gegenüber hält ohne es damit zu berühren, und ſie zugleich mittelſt eines Drahts mit einem, außerhalb der Flüſſigkeit hervorragenden, Theile des Blechs in Verbindung bringt. Bringt man das Blech mit den Figuren in ſalzſaures Waſſer, ſo werden die farbigen Ringe ſofort kupferroth, dann weiß, und verſchwinden bald gänzlich.

Letztern Verſuch kann man gewiſſermaßen mit erſterm zugleich verbinden, wenn man der Kupferauflöſung etwas Säure beimiſcht. In dieſem Falle erhalten ſich die farbigen Ringe nur ſo lange auf dem Blech, als die Zinkſpitze darauf wirkt. Entfernt man ſie, ſo äußert die Säure ſofort ihren Angriff auf die Ringe und ſie verſchwinden von außen herein, nach der Mitte zu; — ein bemerkenswerthes Beiſpiel eines chemiſchen Products, das nur unter dem Einfluß der Kette zu beſtehen vermag *.

* Auch wenn man Silber oder Platin in Salmiakauflöſung, die durch langes Verweilen von Kupfer darin, viel Kupfer aufgenommen hat, mit Zink berühret, überkupfert ſich ſchnell das edle Metall, im Umkreis der Zinkſpitze einen dunkeln Hof bildend; nach Entfernung der Zinkſpitze verſchwindet die Ueberkupferung von ſelbſt wieder.

Es würden ſich unſtreitig auch von dieſen Verſuchen viele Abänderungen mit verſchiedenen Metallen und Flüſſigkeiten erdenken laſſen. Sie haben mir indeß nicht wichtig genug für die Theorie geſchienen, um mich weiter damit zu beſchäftigen.

Vierunddreißigſtes Capitel.

Reduction von Metallen aus ihren Auflöſungen durch andre Metalle *.

Es iſt eine ſchon ſeit langer Zeit gemachte Erfahrung, daß, wenn man in die Auflöſung eines Metallſalzes ein anderes reguliniſches Metall bringt, welches dem aufgelöſten in der Elektropoſitivität

---

* Literatur. — Kortum über die Tendenz verſchiedener metalliſcher Niederſchläge, dendritiſche Formen anzunehmen, in Voigts Mag. f. d. n. Zuſt. d. Naturk. II. 43. — Sylveſter Bemerkungen und Verſ. über das Niederſchlagen der Metalle durch einander, in Nicholson Journ. XIV. 95; auch in Gehlen J. I. 539; auch in Gilb. XXV. 454. — Buchholz über Reduction von Metallen durch gleichnamiges Metall, in Gehlen J. V. 127. — Derſelbe über Meſſingbildung bei Fällung des Kupfers durch Zink, in Gehlen J. VII. 736. — Grotthuß über die Urſachen der Metallreductionen durch andere Metalle in Gehlen J. V. 118; auch in ſ. phyſ. chem. Forſchungen. S. 128. — Roſe über die Theorie der Metallfällungen des Hrn. von Grotthuß, in Grotthuß phyſ. chem. Forſch. S. 129. — Zimmermann über Metallvegetationen in Schweigg. J. V. 337. — Madame Fulhame's Verſuche über die Reduction der Metalle durch einfache nicht metalliſche Körper in Scherer J. I. 420. — Klaproths Verſuche über die Herſtellung der Metalle aus alkaliſchen Auflöſungen in Gehlen N. a. J. II. 498. — Wenzel über Metallreductionen in Schweigg. J. N. R. XIX. 470. XX. 89. 129. — Trommsdorf über die bei Metallfällungen Statt findende Gasentwickelung, Gilb. LXXII. 308. — Van Mons einige Bemerkungen über den Bleibaum in Gilb. LXXII. 310. — Hinderſin über Bleireduction in Gilb. LXXII. 311. — Gilberts Erklärung der Bildung des Bleibaums in Gilb. LXXII. 312. — Fiſcher kritiſche Unterſuchung einiger Erſcheinungen, welche als Wirkung der galv. Actien erklärt worden ſind, im Allgemeinen und über Metallreductionen auf naſſem Wege insbeſondere; in den Abhandlungen der Berl. Akad. 1814 bis 1815. S. 241. — Derſelbe über Metallreduction in Gilb. LXXII. 289. — Derſelbe in Pogg. IV. 291. VI. 60. VIII. 488. XII. 490. — Deſſelben Schrift über die Natur der Metallreductionen auf naſſem Wege u. ſ. w. Breslau bei Joſ. Mar u. Comp. 1828. — Macaire Verſuche über ſich berührenden Metallen in Metallauflöſungen, Bibl. univ. avril. 1820, kurz aufgezogen in Gilb. LXV. 348. — Witting Bemerkungen über die Reduction des Bley's auf naſſem Wege, die Einwirkung des Galvanismus dabei und das Vermögen der thieriſchen Blaſe, Flüſſigkeiten durch ſich hindurchzulaſſen, in Gilb. LXXIV. 424. — Becquerel Metallfällungen durch Thermoelektricität in Pogg. XI. 457. — Vauquelin's Bemerkungen über die Zerlegung des Meſſings und über die Niederſchlagung der Metalle, durch einander in Scherer J. III. 331. — Dizé über Scheidung des Kupfers von Zink auf naſſem Wege in Scherer J. III. 340. — Verſuche und Beobachtun-

vorausſteht, ſo ſchlägt ſich in der Regel * das aufgelöſte Metall reguliniſch, oft in blätterig- oder nadelförmig vegetirender Form an dem eingeſenkten Metall nieder, und das hineingebrachte Metall wird ſtatt ſeiner aufgelöſt; dagegen nichts dergleichen erfolgt, wenn man ein Metall in die Auflöſung eines andern ſteckt, welches ihm in der Elektronegativität vorausſteht **.

Um zuvörderſt dieſe Erſcheinung durch einige leicht ins Auge fallende Verſuche anſchaulich zu machen, kann man auf folgende Weiſe zu Werke gehn.

Man ſtecke eine eiſerne Klinge oder irgend ein Stück Eiſen in eine Auflöſung von ſalpeterſ., eſſigſ. oder ſchwefelſ. Kupfer. Sofort wird ſich Kupfer aus der Auflöſung auf das Eiſen niederſchlagen und ein entſprechender Antheil von der Oberfläche des Eiſens aufgelöſt werden, und wenn man auch die Klinge nur eine ſehr kurze Zeit eingetaucht gehalten hat, ſo wird man ſie doch nach dem Herausziehen an der ganzen, mit der Auflöſung in Berührung geweſenen, Oberfläche überkupfert finden.

Zu Anfange, als man dieſe Erſcheinung bemerkte, glaubte man, das Eiſen verwandle ſich hiebei wirklich in Kupfer, bis man nachmals entdeckte, daß alles verſchwundene Eiſen ſich in der Auflöſung, woraus das Kupfer ſich niedergeſchlagen hat, wiederfindet. Auch kann man ſich von dieſer Gegenwart des Eiſens in der Auflöſung leicht überzeugen; denn wenn man alles Kupfer oder den größten Theil deſſelben durch längere Berührung der Auflöſung mit dem Eiſen herausgefällt hat, ſo wird Blutlauge nicht mehr einen rothbraunen Niederſchlag darin bewirken, ſondern einen blauen, vermöge erzeugten Berlinerblau's und Galläpfeltinctur nicht mehr einen bräunlichen, ſondern einen ſchwarzen.

Eine andere intereſſante Art, den Verſuch abzuändern, iſt folgende, deren ſich Kortum und Zimmermann bedienten.

---

gen über die Auflöſung der Metalle in Säuren u. ſ. w. von James Keir, überſetzt von Lentin. Göttingen. 1791.; auch Schweigg. LIII. 151. — Soubeiran über die Fällung der Queckſilberſalze durch Metalle in J. de pharm. Janv. 1828. p. 16; auch in Geiger Mag. Febr. 1828. 227.

* Mit Fleiß ſage ich, in der Regel, da es viele Ausnahmen von dem Geſetze giebt, daß ein negatives Metall durch ein poſitiveres aus ſeinen Auflöſungen gefällt wird.

** Es giebt jedoch einige beſondre Fälle, welche eine Ausnahme hievon machen, und die ſich durch den S. 328 ff. erörterten Umſtand zu erklären ſcheinen. Nach Fiſcher nämlich werden Zinn- und Bleiſalze durch Eiſen reducirt, wenn man das Eiſen nicht, wie gewöhnlich, unmittelbar in die Metallauflöſung, ſondern in Waſſer legt, in das die Metallauflöſung in geringen Mengen und ganz allmälig hinzufließt; welches man am beſten ſo bewerkſtelligt, daß eine die Metallauflöſung enthaltende Röhre an dem untern Ende mit Blaſe verſchloſſen und ins Waſſer gelegt wird. Dieſe Reduction hört jedoch nach einiger Zeit auf, wenn verhältnißmäßig viel Salz durch die Blaſe durchgedrungen iſt.

Man breite drei oder vier Tropfen salpetersaure Silberauflösung *, die vorher mit dem 8- bis 10fachen Gewicht destillirtem Wasser verdünnt worden, auf einer Glastafel so weit aus, daß die Flüssigkeit eine Fläche von etwa 2 Quadratzoll bedeckt, und lege nun ein Kupferkorn ** von der Größe eines Senfkorns hinein. Dieses erzeugt vermöge Fällung des Silbers einen grauen strauchförmigen Dendriten mit geschlängelten Aesten und Seitenzweigen, der in ein paar Minuten seine ganze Ausdehnung erhält und gewöhnlich den ganzen befeuchteten Raum einnimmt. Statt des Korns von Kupfer kann man auch ein Zink-, Wismuth-, Zinn-, Blei- oder Quecksilbertheilchen oder die Spitze eines Drahts aus diesen Metallen in die Aufl. tauchen, um den gewünschten Erfolg zu erhalten; nur muß man manchmal, z. B. beim Wismuth, die Silberauflösung noch stärker verdünnen, wenn die Vegetation schön ausfallen soll, widrigenfalls sich das Metall zu schnell und unordentlich niederschlägt.

Eine andre und zwar die gewöhnlichste Art, die Metallfällung durch ein andres Metall nachzuweisen, ist folgende:

Ein Loth Bleizucker (essigs. Blei) wird in neun Loth oder mehr kochenden Wassers gelöst *** und nachdem die Lösung filtrirt worden, in ein weites Glas gegossen, das davon ganz erfüllt wird. Dieses verstopft man mit einem Korke, durch welchen ein Zinkstab so hindurchgesteckt ist, daß er bis in die Mitte des Glases reicht. Das Blei schlägt sich an demselben als ein schwarzgraues lockeres Pulver und allmälig in metallischer Gestalt nieder und bildet glänzende, sich an einander ansetzende, Blättchen, die in ihrer Vereinigung binnen 24 Stunden einen glänzenden Bleibaum darstellen.

Statt einer Bleiauflösung kann man auch sehr bequem zu diesem Versuch eine Silber- oder Zinnauflösung anwenden.

Die Alten nannten den so erzeugten Bleibaum, ihrer alchemistischen Benennung der Metalle gemäß, Arbor Saturni; den Silberbaum Arbor Dianae, den Zinnbaum Arbor Jovis.

Physische Beschaffenheit der gefällten Metalle. Wir betrachten unter dieser Ueberschrift theils die Form, theils die elektrische Beschaffenheit der metallischen Niederschläge.

---

* Es schadet nichts, wenn die Auflösung Kupfer und freie Säure enthält. Man kann sich daher der Auflösung eines Geldstücks in Salpetersäure zum Versuch bedienen.

** Noch schönere Vegetation liefert ein Korn von Antimon.

*** Nach Witting ist 1 Theil des Salzes auf 32 Wasser das beste Verhältniß für eine schöne Vegetation. Im Allgemeinen fällt die Vegetation um so schöner aus, je verdünnter die Auflösung ist; auch ist es besser, einen dünnen als einen dicken Zinkstab anzuwenden. Nach Van Mons soll man, um einen recht schönen Bleibaum zu erhalten, essigs. Blei nehmen, das mit Säure etwas übersättigt ist. Mit salpeters. Blei oder salpeters. Kalk verunreinigter Bleizucker giebt nach Van Mons nur kurze Blätter.

Was zuvörderst die Gestalt betrifft, welche die reducirten Metalle annehmen, so zeigen sie sich bald als eine Art pulveriger oder klümpriger Niederschlag; bald in mehr oder weniger schönen nadelförmigen oder blättrigen dendritischen oder baumartigen Verzweigungen, wie wir dieses schon im Allgemeinen angegeben haben. Die Neigung, eine regelmäßige baumartige dendritische Gestalt anzunehmen, ist im Allgemeinen um so größer, je langsamer und ungestörter die Fällung erfolgen kann; daher mäßige Temperatur, gehörige Verdünnung der Lösung und Ruhe die Hauptbedingungen derselben sind. Außerdem aber zeigen sich auch die zu fällenden Metalle selbst in ihrer Neigung, eine solche Gestalt anzunehmen, namhaft verschieden. Zinn-, Blei- und Silberauflösungen schienen im Allgemeinen die schönsten Dendriten und baumartigen Verzweigungen zu liefern. Kupfer bildet nach Rose niemals, auch bei den günstigsten Umständen nicht, Dendriten, sondern reducirt sich nur körnig oder in Schichten.

Endlich ist aber auch die Beschaffenheit der Säure des aufgelösten Metalls nicht ohne Einfluß hiebei. Mindestens giebt Zimmermann über seine Versuche mit Flächenvegetationen folgende tabellarische Uebersicht, worin die salzsauren und schwefelsauren Salze die stärksten; die mit einem * bezeichneten unmerkliche oder gar keine vegetative Wirkung äußerten;

salzsaures Gold	
salpetersaures Silber	
salpetersaures, salzsaures	Quecksilber
salzsaures Nickel	
schwefelsaures, salzsaures, salpetersaures	Wismuth
schwefelsaures, salzsaures, salpetersaures, phosphorsaures, arseniksaures, essigsaures, *sauerkleesaures, *weinsteinsaures, *bernsteinsaures, *benzoesaures, in Ammoniack aufgelöstes	Kupfer
salpetersaures, salzsaures, essigsaures, *benzoesaures, *in Natron aufgelöst, *— Kali aufgelöstes	Blei
salzsaures Arsenik	
salzsaures, *schwefelsaures, *salpetersaures, *essigsaures	Eisen
salzsaures Kobalt	
salzsaures, essigsaures, *in Kali aufgelöstes	Zinn
salzsaures Zink	
salpetersalzsaures, salzsaures, essigsaures	Antimon
salzsaures, *weinsteinsaures	Mangan.

Auf die Beschaffenheit des fällenden Metalls scheint hiebei nichts anzukommen, als vielleicht in fofern es durch eine zu schnelle Fällung bei nicht gehöriger Verdünnung der Auflösung die kryſtalliniſchen

Vegetationen verworren machen kann. Zimmermann giebt nichts darüber an.

Oefters erscheinen die metallischen Niederschläge nicht mit Metallglanz, sondern in schwarzpulveriger Gestalt, und nehmen erst durch Politur die eigenthümliche Farbe und den eigenthümlichen Glanz an. Auch die Dendriten und baumförmigen Verzweigungen erscheinen Anfangs öfters schwarz und ohne Metallglanz, nehmen aber dann häufig im Fortgang der Fällung von selbst ihren eigenthümlichen Glanz an, andre Male, wie es wenigstens nach Kortum's Versuchen über die Metallvegetationen auf Flächen scheint, auch nicht. Die Umstände, welche auf die Modification dieser Umstände von Einfluß sind, sind bis jetzt noch nicht gehörig erörtert; auch möchte zu untersuchen seyn, ob nicht die schwarzen Niederschläge öfters Wasserstoffmetalle wären.

Was die Cohäsion der durch ein anderes Metall aus ihren Auflösungen gefällten Metalle betrifft, so beobachtet man stets, daß sie sehr locker ist; denn entweder ist sie pulvrig, oder die einzelnen Blätter der Bäume oder Vegetationen, die sich bilden, haben doch nur einen sehr lockern Zusammenhang und lassen sich, selbst wenn sie bei ihrer Bildung ein sehr großes Volumen einnahmen, doch immer in einen in Verhältniß dazu sehr kleinen Raum zusammendrücken. Zwar zeigen einige neue Erfahrungen, daß unter gewissen Umständen das Kupfer auch in Gestalt von festen cohärenten hämmerbaren Drähten oder Massen gefällt werden könne; indeß geschah in fast allen diesen Fällen die Niederschlagung nicht durch ein Metall, sondern, wie wenigstens Bischof mit Bestimmtheit bei dem von ihm beobachteten Falle ermittelte (in Uebereinstimmung mit der von Clement schon vorher geäußerten Vermuthung), dadurch, daß sich in der Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd, in welcher diese Art der Fällung beobachtet ward, zugleich schwefels. Kupferoxydul vorfand, welches sich in zwei Theile theilte, von welchen der eine sich auf Kosten des Sauerstoffs des andern in Oxydsalz verwandelte und dadurch metallisches Kupfer niederschlug. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Umstand auch in den von Plümicke beobachteten Fällen, wo die Fällung durch wirklich in die Vitriollauge gelegtes Eisen geschahe, wenigstens mitwirkte. Wir verweisen über diesen Gegenstand auf die untenstehende Literatur *.

---

* Clement über Kupferbarren auf nassem Wege in den Ann. de Ch. et de Ph. 1824. Dec. 89; auch in Schweigg. J. XLIV. 86; auch in Kastn. Arch. IV. 379; auch in Pogg. Ann. III. 196. — Plümicke über die bei der Gewinnung des Cämentkupfers im Mannsfeldischen entstehenden Kupfervegetationen in Schweigg. XLIV. 89. — Taillefer freiwillige Kupfervegetationen in Schweigg. XLVI. 372. — Wagner freiwillige Kupferkrystallisationen auf nassem Wege in Schweigg. XLVII. 325. — Bischof über eine auf nassem Wege entstandene Kupfermasse von beträchtlicher Größe in Pogg. III. 195. — Bünger Abscheidung des Kupfers in regulinischer Gestalt aus einer Auflösung desselben in verdünnter Schwefelsäure, in Gehlen N. a. J. IV. 444.

Versuchen Kastner's * zufolge scheint es, daß die Metalle in ihrem frischgefällten Zustande einen eigenthümlichen elektrischen Zustand besitzen. Wurde nämlich frisch gefälltes, noch an den Zinkstangen haftendes, Blei, Kupfer oder Zinn, sammt dieser Stange, noch feucht, aus der sauren Flüssigkeit, aus der das Metall gefällt worden, dem Messingscheibchen einer höchst empfindlichen, an einem Spinnewebenfaden schwebenden, Glasnadel bis auf 4 Linien genähert, so erfolgte sogleich Anziehung; Versuche, welche Kastner oft wiederholt zu haben versichert.

Bildung von Legirungen bei der Fällung. — In sehr häufigen Fällen erhält man bei Niederschlagung eines Metalls durch ein anderes das gefällte Metall nicht rein, sondern mit dem fällenden Metall legirt, so daß sonach die Auflösung des fällenden Metalls, welche sich gebildet hat, zum Theil selbst wieder reducirt wird.

Was die Bedingungen anlangt, unter welchen sich solche Legirungen bilden, so werden sie vorzüglich durch Verdünnung der Lösung und neutralen Zustand derselben begünstigt, dagegen sie in concentrirten und sauren Lösungen nicht oder nicht so leicht erscheinen. Gewöhnlich scheint auch im Anfange das gefällte Metall rein niedergeschlagen zu werden, und sich erst im Fortgange der Fällung zu legiren, unstreitig weil zu Anfange der Fällung noch kein aufgelöstes fällendes Metall vorhanden ist, welches sich mit dem gefällten legiren könnte; doch behauptet Bucholz etwas Entgegengesetztes bei Fällung der schwefelsf. Kupferauflösung durch Zink wahrgenommen zu haben **.

Zimmermann bei seinen Versuchen über Flächenvegetationen beobachtete in verdünnten und nicht sauren Auflösungen sehr häufig das Entstehen solcher Legirungen ***, und fand dabei den be-

---

* Kastn. I. 77.

** Nach Gay-Lussac (Gilb. XLI. 326) sind die ersten Antheile von Silber, welche durch Kupfer aus salpeters. Silberauflösung gefällt werden, so rein von Kupfer, daß, wenn man sie wieder in Salpetersäure auflöst, sie zugesetztes Ammoniak nicht blau färben. Erst allmälig findet sich in dem Niederschlage Kupfer ein, und zwar desto häufiger, je mehr des Kupfers in der Auflösung wird, so daß zu Ende des Processes eine sehr merkliche Menge desselben mit niederfällt.

Auch nach Fischer (Pogg. X. 606) werden die Legirungen, die bei Fällung des salpeters. Silbers durch Zinn, Zink, Blei, Kadmium, Antimon entstehen, im Allgemeinen erst dann gebildet, wenn das aufgelöste Silber größtentheils reducirt ist, doch ist nach ihm die Beschaffenheit der Silberauflösung hiebei von Einfluß, ob sie gesättigt oder verdünnt, mit freier Säure oder vollkommen neutral angewandt wird. Im letztern Falle zeigen nach ihm nicht selten die ersten Dendriten des reducirten Silbers die bereits gebildete Verbindung mit dem reducirenden Metall.

Vergl. auch die Abhandlungen von Bucholz und Zimmermann.

*** Er überzeugte sich durch die Analyse davon.

achtenswerthen, unſtreitig mit den Nobiliſchen und den von mir S. 390 erwähnten Erfahrungen in Bezug ſtehenden, Umſtand, daß dieſe verſchiedenen Farbenſchattirungen in den Stralenzweigen der Vegetationsfläche als concentriſche Kreiſe abwechſeln, welche öfters aus dem ſchwärzeſten Dunkel ſich zum reinſten Metallglanz aufheitern. Man bringe z. B. eine Zinkplatte in ſalzſ. Kupfer, oder in Wißmuth- oder Silberauflöſung, ſo werden ſich im erſten Falle ſchwärzlichbraune mit hellrothen, im andern ſammtſchwarze mit aſchgrauen, im dritten lichtbräunliche mit bleichfalben wechſelnde, concentriſch fortſchreitende Ringe zeigen, welche ſich hier zu reguliniſchem Glanze läutern, dort zur tiefſten Dunkelheit zurückkehren. Vorzüglich auf Wißmuth- und Spießglanzvegetationen macht Zimmermann in dieſer Hinſicht aufmerkſam. Aber ſelbſt in ſalzſ. Goldauflöſung wurde der herſtellende Kupferſtab mit dunkelfarbig keimendem Metall umgeben, das am äußerſten Saume vom Lichtglanz des Goldes umfloſſen war. So zeigten ſich ferner faſt alle Niederſchläge des Silbers durch andere Metalle nicht ſilberglänzend, ſondern mehr oder weniger ſchattirt, und ein Gleiches ſoll, nach vielfachen Verſuchen des Verfaſſers, von allen übrigen Metallen gelten.

Die ſchönſten Legirungsſtufen fand Zimmermann in Miſchungen von Metallauflöſungen, z. B. des ſchwefelſ. Kupfers und ſalzſ. Zinns oder Wißmuths, bei Fällung durch Zink. Hier zeigen ſich nämlich oft mehrfache Metallverbindungen, gepaart mit dem Hervortreten der einzelnen Metalle, welches wieder abwechſelt mit verſchiedenartigen Nüancen der Legirungen. Es ſcheinen nach Zimmermann auf dieſem Wege Metallverbindungen möglich, welche im Feuer ſchwer oder nicht gelingen.

Fiſcher* führt an, er habe beſtimmte und charakteriſtiſche chemiſche Legirungen bis jetzt vorzüglich nur beim Silber gefunden, wenn es aus der ſalpeterſ. Auflöſung reducirt wird. Namentlich bilden nach ihm Zink, Zinn, Blei, Kadmium und Antimon ſolche Legirungen**.

---

* Pogg. X. 608.

** Die letztere ſtellt ſich in ſehr ſchönen glänzenden breiten und äußerſt ſpröden Blättern dar, iſt ſehr ſchwer ſchmelzbar; in einer Röhre bis zum Schmelzen des Glaſes erhizt, ſchmilzt ſie noch nicht, ſondern nimmt blos eine gelbe Farbe von dem gebildeten Antimonoxyd an, welches ſich zwiſchen dem ſehr lockern Silber befindet. Auf der Kohle erfolgt erſt nach anhaltendem Glühen die Verflüchtigung des Antimon.

Nach Wetzlar wird auch bei der Zerſetzung der Kupferſalze durch Eiſen das Kupfer nicht immer rein, wie Fiſcher (Pogg. IV. 294) angiebt, ausgeſchieden, ſondern ſo oft es im geſällten Zuſtande von ſeiner ihm zukommenden rothen Farbe abweicht, und eine mehr dunkle braune Farbe zeigt, hat man Urſache, es nach dem Grade dieſer Legirung für mehr oder weniger mit Eiſen legirt zu erklären, wie denn auch Thénard bemerkt, daß bei der Zerſetzung des Kupfervitriols durch Eiſen der erhaltene Niederſchlag nicht reines Kupfer ſey, ſondern einige Partikelchen Eiſen enthalte.

Zeit, in welcher die Fällung vor sich geht. — Die Zeit, innerhalb welcher die metallische Fällung von Statten geht, ist sehr verschieden, theils nach der Art, wie das fällende Metall mit der zu fällenden Metallauflösung in Berührung gesetzt wird, theils nach Beschaffenheit des fällenden und insbesondere des zu fällenden Metalls. Namentlich scheint die größere oder geringere Neigung der Metalle, sich in krystallinischer oder dendritischer Gestalt darzustellen, einen großen Einfluß auf die Zeit zu haben, welche zur gänzlichen Wiederherstellung des aufgelösten Metalls erforderlich ist; daher vorzüglich Silber, Blei und Zinn durch die geeigneten Metalle am schnellsten aus ihren Auflösungen gänzlich ausgeschieden werden, während dieses beim Gold und Platin nur sehr langsam geschieht *.

Art des Wachsthums der Metallvegetation. — Was die Art des Wachsthums des Blei-, Silber-, Zinnbaums oder ähnlicher Metallvegetationen betrifft, so lehren die Beobachtungen von Grotthuß, Sylvester, Ruhland und Rose, daß sich nur Zweige dabei an jene anlegen, die vorher schon da waren, nicht aber, wie man etwa vermuthen könnte, die frisch reducirten Metalltheilchen die alten aus ihrer Stelle verdrängen, um sich unmittelbar mit dem fällenden Metall in Berührung zu setzen. Man kann sich hievon überzeugen, indem man auf der äußern Wand des Glases, worin sich ein Blei- oder Zinnbaum bildet, einen schwarzen Strich da macht, wohin in einem gewissen Augenblicke die äußersten Zweige des Baums gelangt sind. Alsdann wird man bei einer viertelstündigen genauen Beobachtung wahrnehmen, wie der Theil des Baums zwischen dem Zeichen und dem Zink ganz unverändert gleich bleibt, wie sich aber derselbe durch Ansatz neu gebildeter Zweige immer weiter über das Zeichen hinaus verlängert.

Gasentwickelung bei der Reduction. — Bei der Fällung eines Metalls durch ein anderes sieht man öfters, aber nicht in allen Fällen, Gas sich entwickeln, welches nach der Untersuchung von Bucholz, Rivero ** und Despretz Wasserstoffgas ist. Der Ursprung dieses Wasserstoffgases rührt von Zersetzung des Wassers durch die einfache galvanische Kette her, welche das fällende Metall mit dem sich daran anlegenden gefällten bildet. In der That ent-

---

Aus der Auflösung des einfach weinsteins. Kupfers wird nach Wetzlar durch Eisen ein fast völlig schwarzer Niederschlag gefällt, welcher nicht die geringste Kupferfarbe mehr erkennen läßt. Erst wenn man dieses schwarze Pulver mit einer verdünnten Säure übergießt, wird es roth, indem sich das darin enthaltene Eisen unter einiger Wasserstoffgasentwickelung auflöst.

Nach Wetzlar ist die Bildung einer Legirung mitunter Veranlassung, daß eine neutrale Metallauflös. nach der Reduction freie Säure enthält. (Schweigg. J. L. 90.)

* Ueber die Zeit, in welcher verschiedene Metalle die Fällung des salpeters. Silbers zuwege bringen, vergl. Fischer in Pogg. Ann. VI. 45.

** Gilb. LXXII. 206.

ſteht, wie Desprez Unterſuchungen gelehrt haben, blos in den Fällen dieſe Waſſerſtoffgasentbindung, wo das fällende Metall mit dem gefällten eine hinlänglich kräftige galvaniſche Kette zu bilden vermag, d. h. wo beide Metalle in der galvaniſchen Spannungsreihe hinlänglich weit aus einander liegen, oder wo die galvaniſche Wirkſamkeit durch Wärme hinlänglich befördert wird.

Unter gewiſſen Umſtänden jedoch kann das Gas anderer Beſchaffenheit ſeyn.

Wärmeentwickelung bei der Reduction. — Den Verſuchen von Grotthuß zufolge iſt die Metallreduction mit Wärmeentwickelung begleitet, welche ſich jedoch nur dann (ſelbſt für das Gefühl) wahrnehmbar machen läßt, wenn man mit kleinen Quantitäten Flüſſigkeit operirt, da ſie ſonſt durch das umgebende Mittel zu ſchnell entzogen und unmerklich gemacht wird.

Reduction von Oxyden im Wirkungskreiſe des fällenden Metalls. — Bringt man in die Nähe des fällenden Metalls in die zu fällende Flüſſigkeit Metalloxyde, ſo werden ſie, ſelbſt wenn ſie an ſich ſchwer reducirbar ſind, nach Zimmermanns Verſuchen doch reducirt, ſobald das gefällte Metall ſo weit angewachſen iſt, daß es mit ihnen in Berührung kommt *.

Gleichzeitige Zerſetzung der Säure und des Salzes bei der Reduction unter gewiſſen Umſtänden. — Wetzlar hat die Beobachtung gemacht, daß bei der Fällung der neutralen ſalpeterſ. Kupferauflöſung durch Eiſen, Zink, Zinn und Blei das fällende Metall nicht allein den Sauerſtoff des aufgelöſten Kupferoxyds anzieht, ſondern auch theilweiſe die Salpeterſäure desoxydirt und ſo ſie eine ähnliche Zerſetzung erfahren läßt, als wenn ſie im freien Zuſtande der Wirkung dieſer Metalle unterläge; ja nach Wetzlar wird ſie im erſten Falle theilweis lebhafter zerſetzt, als im zweiten. Vermöge dieſer Zerſetzung entbindet ſich ein Gemiſch von Salpetergas und oxydirtem Stickgas **.

Fiſcher hat auch beim chromſ. Silber, wenn es unter Waſſer mit reducirenden Metallen in Berührung geſetzt wird, ferner bei arſenigſ. und arſenikſ. Silber eine partielle oder gänzliche Reduction der Säure neben der des Silberoxyds beobachtet, und wahrſcheinlich iſt dies Verhalten ein allgemeines für alle Salze mit einer Metallſäure, welche von dem reducirenden Metalle eine Desoxydation erleiden können.

---

* Zimmermann zeigte dies an Bleioxyd, in ſalzſ. Kupferauflöſung, welche durch Zink gefällt ward, an Wismuth- und Kupferoxyd in ſalzſ. Zinnauflöſung bei Fällung durch Zink, ſelbſt an Braunſtein.

** Nach Ausfällung des Kupfers findet man in der Flüſſigkeit ein wenig ſalpeterſ. Ammoniak, deſſen Bildung unſtreitig auf gleichzeitiger Waſſerzerſetzung beruht. — Es iſt zu vermuthen, daß noch mehrere neutrale ſalpeterſ. Metallſalze durch andere Metalle unter einer ſolchen Zerſetzung eines Theils der gebundenen Salzſäure reducirt werden.

Immer neu sich erzeugender Bleibaum. — Fischer* hat die Beobachtung gemacht, daß die Ausscheidung des Bleies durch ein, in einer verschlossenen Flasche die Oberfläche der essigs. oder salpeters. Bleiauflösung berührendes, zugespitztes Zinkstäbchen selbst nach Jahr und Tag nicht aufhört, so daß die gebildeten Bleidendriten, sobald sie durch ihre Schwere vom Zinkstab abfallen, durch neue ersetzt werden, die zwar immer feiner und feiner werden, aber nur bis zu einem gewissen Grade, der sich dann gleich bleibt.

Dieses Resultat ist insofern sonderbar, als man erwarten sollte, daß, wenn nach und nach alles Blei aus der Auflösung von Zink gefällt worden, kein neues Blei sich mehr ansetzen könnte, mithin die Erscheinung jener beständigen Wiedererzeugung ihr Ende haben müßte.

Die Erklärung dieser scheinbaren Anomalie ergiebt sich jedoch aus der Beobachtung Fischer's, daß eine Auflösung von salpeters. Zink, die gegen Zink selbst durchaus keine auflösende Wirkung mehr äußert, über Bleispäne gegossen, schon binnen 24 Stunden so viel davon aufzulösen vermag, ohne alle Ausscheidung von Zink, daß es sowohl durch Schwefelwasserstoff, als schwefels. Salze erkannt werden kann, ein Umstand, der wahrscheinlich auf der Bildung basischer Salze beruht.

Hienach ist die Erklärung jener ununterbrochenen Reduction des Bleies ganz einfach die: das reducirte und zu Boden gefallene Blei wird in geringer Menge von der essigs. oder salpeters. Zinkauflösung aufgelöst und aus dieser Bleiauflösung, sobald sie in Berührung mit dem, in dem obern Theile der Flüssigkeit befindlichen, Zink tritt, das Blei wieder hergestellt. Dieses Wechselspiel von Auflösen und Reduciren des Bleies könnte diesem zufolge ununterbrochen fortdauern, wenn ihm nicht theils durch das Verhältniß des Wassers zu der immer zunehmenden Menge Zinksalz — hinsichtlich der Auflöslichkeit desselben — theils auch dadurch eine Gränze gesetzt würde, daß die Zinkspitze sich immer mehr oxydirt — was die im Wasser enthaltene Luft an und für sich bewirkt — und folglich die gebildete Bleiauflösung nach längerer Zeit nicht mit metallischem Zink in Berührung kommt **.

---

* Pogg. IV. 296.

** Fischer hat übrigens beobachtet, daß das angegebene Verhalten nicht blos auf das eine oder andere Zinksalz und das Blei eingeschränkt sey, sondern es scheint nach seinen Versuchen überhaupt ein allgemeines der Metallsalzauflösungen zu seyn, wenn sie lange in Berührung mit einem Metall bleiben, welches mehr elektronegativ, als das aufgelöste ist. Namentlich fand er, daß mit Zink vollkommen gesättigtes salzsaures Zink ebenfalls Blei auflöst; daß eben so Kupfer aufgelöst wird, wenn es als Feile einige Stunden mit dem salzs. Zink oder salzs. Zinn oder essigs. Blei in Berührung bleibt, und endlich wurde auch Silber von salpeters. Kupferauflösung, die mit Kupfer vollkommen gesättigt war, in sehr geringer Menge aufgelöst, wenn es mehrere Wochen lang als feines Pulver mit dieser Salzauflösung übergossen stehen blieb.

Reduction unauflöslicher und trockener Salze. — Es ist nach Fischers Versuchen keineswegs erfoderlich, daß ein Salz aufgelöst sey, um durch Metalle reducirt zu werden, vielmehr reicht schon Berührung der unauflöslichen Salze mit dem fällenden Metall unter Wasser, ja, was noch weniger zu erwarten war, in vielen Fällen selbst trockene Berührung zur Bewirkung der Reduction hin. Doch scheint in letztrem Falle wenigstens Zutritt von Luftfeuchtigkeit unumgängliches Erfoderniß zum Erfolg der Reduction zu seyn. So werden chroms. Silber und Hornsilber unter Wasser von den meisten elektropositiven Metallen reducirt, und Zink und Eisen, jedoch kein anderes Metall, reduciren das geschmolzene Hornsilber schon vollständig bei trockenem Berühren. Das Hornsilber verändert bei dieser Umwandlung in Metall seine Gestalt nicht, und da, wo das Zink oder Eisen es berührte, findet man eine Flüssigkeit, gebildet von salzs. Zink oder salzs. Eisen. Die einzige Bedingung zu dieser Reduction ist, nach Fischer, Zutritt der Luft oder richtiger ihrer Feuchtigkeit, und es erfolgt keine Reduction oder die angefangene hört auf, wenn die Berührung beider Körper in einem luftleeren Raume oder in einer wasserfreien Flüssigkeit, wie z. B. unter Aether, Weingeist u. s. w. Statt findet.

Auch salpeters. Silber, als trockenes krystallisirtes Salz auf Kupfer, Zinn, Zink, Kadmium gelegt, wird ziemlich schnell reducirt. Die übrigen Metalle aber wirken gar nicht, oder äußerst langsam ein, so daß erst nach mehrern Monaten eine deutliche Reaction wahrgenommen werden kann.

Einfluß der Temperatur. — Der Einfluß der Temperatur auf metallische Fällungen ist noch nicht vollständig erörtert; doch scheint er in den meisten Fällen die Reduction zu befördern. So werden wir weiterhin sehen, wie Eisen zwar an manchen Stellen seiner Oberfläche bei gewöhnlicher Temperatur keine Reduction von salpeters. Kupferauflösung zu bewirken vermag, an allen Stellen aber bei Erwärmung; so vermag Eisen bei gewöhnlicher Temperatur das neutrale salpeters. Silber nicht zu reduciren, wohl aber wenn man es damit kocht (jedoch nach Wetzlar nicht vor dem Sieden); so

---

Man wird hienach den obigen, vom Zink und essigs. oder salpeters. Blei angeführten, Versuch auch mit verschiedenen andern Metallen und Auflösungen anstellen können, und namentlich empfehle Fischer hiezu die Reduction des Silbers an einer Kupferspitze, wo man das, sich äußerst langsam und in geringer Menge ausscheidende, Silber in schöner glänzenden Nadeln erhalten soll, als sonst je das Silber erscheint. Die beste Art, dieses schöne Phänomen hervorzubringen, ist nach Fischer folgende: Silberfeile, oder am besten, das durch Kupfer aus einer Silberauflösung ausgeschiedene Silber, wird auf den Boden eines Cylinders gethan, darauf eine mit Kupfer vollkommen gesättigte salpeters. Kupferauflösung ungefähr ein oder ein Paar Zoll hoch gegossen und die Spitze eines Kupferdrahts oder Stabes ein oder ein Paar Linien tief in die Flüssigkeit gesenkt. Die Reduction des Silbers erfolgt dann nach den verschiedenen Umständen in 4 bis 8 Wochen und die Silbernadeln sind um so länger, je enger der Cylinder ist.

geſchehen manche Fällungen bei Erwärmung mit Gasentwickelung, die ohnedem ohne ſolche Statt finden (vgl. S. 399); dagegen fand Fiſcher, daß die wechſelſeitige Reduction des Zinns und Bleies in der Hitze von der bei gewöhnlicher Temperatur Statt findenden in nichts verſchieden iſt, und daß ſalzſ. Zinn und ſalpeterſ. Wismuth, die in gewöhnlicher Temperatur nicht von Eiſen reducirt werden, auch nicht dadurch reducirt werden, wenn man ſie kocht*. — Kortum hat auch bei der Temperatur des Froſtpuncts äſtige Dendriten auf Glasplatten erhalten.

Einfluß der Concentration der Löſung. — Eine concentrirte Auflöſung iſt zur ſchnellen Reduction des Metalls vortheilhaft, eine verdünnte hingegen, um das ausgeſchiedene Metall in ſchönen Dendriten zu erhalten; letzteres unſtreitig deshalb, weil in einem concentrirten Medium die Anſätze ſich zu wenig entfernt von einander anlegen und mit ihren Verzweigungen ſich verflechten und ſtören (Fiſcher, Roſe). Zuweilen kann eine Auflöſung, die im concentrirten Zuſtande nicht von einem Metalle gefällt zu werden vermag, doch in verdünntem davon gefällt werden, ſo z. B. ſalpeterſ. Silberauflöſung durch Eiſen.

Einfluß der Art, wie das fällende Metall mit der Flüſſigkeit in Berührung ſteht. — Fiſcher hat hierüber folgende Reſultate gefunden.

Am ſchnellſten erfolgt die Reduction, wenn das fällende Metall als Stab oder Draht in die zu fällende Flüſſigkeit geſteckt wird (alſo, wie es ſcheint, ſo daß ein gewiſſer Theil aus der Flüſſigkeit herausragt), langſamer, wenn es auf den Boden des Gefäßes gelegt wird, und äußerſt langſam, wenn es blos die Oberfläche der Flüſſigkeit berührt. Bei einem vergleichenden Verſuche mit zwei gleichen Mengen Silberauflöſung, wovon die eine mit einem hineingeſtellten Kupferſtäbchen in Berührung blieb, während die andere nur auf der Oberfläche die Spitze des Kupferſtäbchens berührte, zeigte die erſte ſchon nach einer Stunde keine Spur von Silber mehr aufgelöſt, während in der zweiten ſelbſt nach Verlauf von 3 Monaten Salzſäure ſolches noch anzeigte.

Die Metallvegetation erfolgt übrigens nicht blos (wiewohl ohne Vergleich ſchöner), wenn man das fällende Metall von oben in eine Flüſſigkeit herabreichen läßt, ſondern auch nach Grotthuß Verſuchen, wenn man den fällenden Zinkſtab im untern Theile einer mit ſalzſ. Zinnauſl. gefüllten Glasröhre anbringt, und zwar wächſt ſie in dieſem Falle aufwärts, während ſich um den Zink ſelbſt, ſobald nur ein wenig die Vegetation begonnen hat, kein metalliſcher Niederſchlag abſetzt. Die Schwere der metalliſchen Zweige geſtattet jedoch in dieſem

* Pogg. X. 607.

Falle nur eine etwa zollhohe Vegetation und ſtört die Symmetrie derſelben.

Uebrigens ſind nach Fiſcher noch folgende hieher gehörige Umſtände von Einfluß auf die Schönheit und das Statthaben der Vegetation.

Die Metallvegetation wird vorzüglich begünſtigt, wenn die Metallauflöſung hinreichend mit Waſſer verdünnt, in einem engen Gefäße iſt, und ein Zinkſtab von geringer Maſſe in die Flüſſigkeit getaucht wird, d. h. unter dieſen Umſtänden ſtellt ſich das Metall (Blei) in breiten Blättern mit vollkommenem Metallglanz dar, die immer mehr von dem Zink ſich entfernen und in die Flüſſigkeit hineinziehen. Iſt hingegen die Flüſſigkeit concentrirt in einem weiten Gefäße, oder wird ein dicker Zinkſtab hineingeſteckt, ſo legt ſich das reducirte Blei nur um und an den Zink in kurzen Fäden an, ohne eine Verzweigung zu bilden; oder nach Roſe bilden ſich zwar Verzweigungen, nur ſind ſie zu verworren und zu unbedeutend, um den ſchönen Metallglanz zu zeigen, den breite Blättchen des reducirten Metalls hervorbringen.

Bemerkenswerth iſt, daß die Reduction, z. B. des Bleies durch Zink, auch dann noch fortdauert, ſobald ſich das Zink ſchon ganz mit Zinkauflöſung umgeben hat, ſo daß es gar nicht mehr unmittelbar, ſondern blos noch mittelbar durch die ſchon gebildete Bleivegetation mit der übrigen Bleiauflöſung in Berührung ſteht. Dies hat Roſe durch mehrere ſchöne Verſuche nachgewieſen.

Einfluß der Luft. — Die Gegenwart der atmoſphäriſchen Luft iſt zwar kein weſentliches Erforderniß zum Erfolg der Metallfällungen, inſofern Kortum fand, daß die Flächenvegetationen eben ſo wohl in Waſſerſtoffgas, Stickgas, kohlenſ. Gas, Salpetergas erfolgen; indeß ſcheint ſie doch befördernd zu wirken, da den Beobachtungen Fiſcher's und Wetzlar's zufolge die Reduction ſtärker an der Luftgränze der Flüſſigkeit mit dem fällenden Metall vor ſich geht, oder eher anfängt, als an andern Stellen des Metalls *.

Einfluß der Elektricität. — Elektriſiren der Glastafel, auf welcher man (wie S. 393) die Bildung von Metallvegetation beobachtet, befördert nach Kortum nicht nur nicht die Bildung derſelben, iſt ihr vielmehr hinderlich.

Einfluß der Löſung in Weingeiſt. — In Weingeiſt aufgelöſte Metallſalze werden im Allgemeinen minder leicht reducirt, als ſolche, welche in Waſſer aufgelöſt ſind. So wird ein Eiſenſtäbchen, das man in wäßrige ſalpeterſ. Kupferauflöſung legt, ſchnell überkupfert, bleibt dagegen blank in der alkoholiſchen Auflöſung des

* Nach Fiſcher ſind bei einem eingetauchten Metallſtabe zwei Stellen der ſtärkſten Reduction, das Ende und die Luftgränze deſſelben. — Stahl bleibt nach Wetzlar unter der Auflöſung des kryſt. Grünſpans jedesmal blank, und nur dann findet man ihn überkupfert, wenn ein Theil der Klinge aus der Flüſſigkeit herausſteht. Wetzlar hat noch mehrere hieher gehörige Beobachtungen gemacht.

nämlichen Salzes, selbst bei Zusatz noch einiger Tropfen Säure (Wetzlar). So wird die Auflösung von Bleizucker in absolutem Alkohol nicht durch Zink reducirt (Grotthuß, Fischer). Doch findet bei andern Metallsalzen sehr wohl auch Reduction aus der weingeistigen Lösung Statt; und es werden in der That nach Fischer* in Weingeist aufgelöste Kupfersalze und Silbersalze vollkommen reducirt durch alle Metalle, welche aus ihren wäßrigen Auflösungen sie wiederherstellen können.

Einfluß des Säureüberschusses der Lösung. — Man beobachtet im Allgemeinen, daß ein Säureüberschuß der Lösung die Reduction befördert. In manchen Auflösungen, welche in neutralem Zustande nicht von gewissen Metallen gefällt werden, findet doch diese Fällung bei einem gewissen Säureüberschuß Statt. So wird z. B. vollkommen neutrale schwefelsaure Kupferauflösung nach Bucholz nicht durch Eisen gefällt, wohl aber die Auflösung des gewöhnlichen Kupfervitriols, die stets etwas sauer reagirt; so tritt auch in der salpeters. Silberauflösung erst bei einem sehr großen Ueberschuß von Säure Reduction durch das Eisen ein (vgl. S. 409) und ähnlicher Beispiele sind mehrere bekannt.

Einfluß der Luftfeuchtigkeit. — Kortum behauptet bei seinen Versuchen über die Metallvegetationen auf Flächen gefunden zu haben, daß der hygrometrische Zustand der Atmosphäre von Einfluß dabei sey. Wenigstens seyen ihm bei sehr feuchter Witterung manche Versuche fehlgeschlagen, die bei trockener immer gelangen. Ueber das Erforderniß der Luftfeuchtigkeit zur Reduction bei scheinbar trockener Berührung vergl. S. 401.

Einfluß des Magnetismus. — Nachstehende Erfahrungen von Mashmann und Hansteen** scheinen anzudeuten, daß der Erdmagnetismus nicht ohne einen gewissen Einfluß auf die Metallfällung sey.

In zwei heberförmige Röhren wurde so viel Quecksilber gegossen, daß es die untere Biegung nicht ganz ausfüllte, vielmehr noch eine Communication zwischen beiden Schenkeln blieb. Ueber das Quecksilber ward eine Auflösung von salpetersaurem Silber gegossen. Die eine dieser Röhren ward darauf in der Richtung des magnetischen Meridians (vergl. S. 74), die andere senkrecht darauf auf dem nämlichen Tische hingestellt und so, daß sie beide gleichmäßig vom Tageslicht erhellt waren. Das Silber fing an, sich in der ersten Röhre niederzuschlagen, und zwar erhob es sich in dem nach Norden gekehrten Schenkel mit einem lebhaften Metallglanz mit größern Stralen und reichlicher, als in dem südlichen Schenkel, in welchem es mehr geschmolzenem Silber glich und sich fast ohne Stralung absonderte, indem das gebildete Quecksilbersalz sich auf dieser

* Gilb. LXXII. 296.

** Gilb. Ann. LXX. 224; auch Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 196.

Seite ansammelte. In der Röhre, welche senkrecht auf den magnetischen Meridian stand, wurde erst nach 12 Stunden einige Veränderung bemerkt, indem sich das Silber zwar endlich niederschlug, aber in Massen, welche in beiden Schenkeln gleich waren; überdies minder schnell, als in der ersten Röhre. Am andern Tage war in der ersten Röhre alles Silber gefällt; in der zweiten schien dagegen eine Fällung noch vor sich zu gehen. Sie wurde deshalb auf einen andern Tisch gesetzt und unter einen ihrer Schenkel der Südpol eines künstlichen Magnets gebracht. Einen halben Tag darauf zeigte sich deutlich, daß das Silber der Richtung des Magnets gefolgt war, indem es sich in diesem Schenkel höher als im andern erhob. Derselbe Versuch, mehreremale mit Röhren von verschiedenem Durchmesser wiederholt, gab immer dasselbe Resultat *.

Es wurden ferner kleine Glastafeln genommen, auf diese ein Kreis mit Talg beschrieben, eine Silberauflösung darauf gegossen und in diese ein Stück rundlichen Zinks gebracht. Sofort fing das Silber an, sich in kreisförmigen Zonen niederzuschlagen, aber so, daß der Kreis sich viel mehr nach Norden, als nach den andern Richtungen ausdehnte, während das Zink und sein Oxyd sich gegen Süden begaben. Auch dieser Versuch gab wiederholt dasselbe Resultat.

Es wurden dann einige Versuche so angestellt, daß man Glasplatten in zwei Zoll Entfernung vom Pole künstlicher Magnete, andere außer den Bereich ihrer Wirkung brachte. Der Erfolg war hier sehr auffallend; denn auf der Glasplatte, die man dem Südpol eines Magnets genähert hatte, begab sich das Silber mit vieler Schnelligkeit nach diesem Pole hin, auch erfolgte die Totalfällung in viermal kürzerer Zeit, als auf der vom Magnet entfernten Platte.

Mehrere hieher gehörige Beobachtungen hat auch Murray gemacht **.

Einfluß der Spitzenwirkung. — Nach Zimmermann's und Kortum's Versuchen über die Metallvegetationen auf Flächen (nach der Versuchsart S. 393) werden dieselben durch eine zugespitzte Gestalt des fällenden Metalls sehr begünstigt. — Nach letzterem ist die spitzige Form des Metallkorns bei verschiedenen kleinen Dendriten ein wesentliches Erforderniß zur Hervorbringung derselben und man erhält oft mit spitzigen Drähten dergleichen, wenn runde Körner keine geben; und Zimmermann führt folgende Versuche an: Man gebe einem Draht etwa eine parabolische Krümmung, so wird er z. B. in salpeters. Wismuthauflösung, wenn die Seitenvegetation kaum noch bemerkbar ist, an beiden Enden schon die schönsten Sectorflächen gebildet haben. Biegt man den Draht in einen spitzen Winkel, so werden die drei Spitzen zugleich vegetiren.

* Ich selbst habe beim Professor Erdmann hier mit diesem Versuch ganz übereinstimmende Resultate gesehen. Derselbe hat mich jedoch nachmals versichert, daß man bei Wiederholung derselben keine constanten Resultate erhalte.

** Schweigg. J. XXXIII. 133.

Einfluß der Entgegenſetzung eines elektronegativen Metalls. — Wenn man in ſalpeterſ. Wismuthauflöſung feine Stahldrähte auf 2 bis 4 Lin. einer Kupferſcheibe annähert, ſo beobachtet man, nach Zimmermann's Verſuchen, daß bald an beiden Endpuncten jener Drähte Halbkreiſe zum Vorſchein kommen, von welchen der an der Kupferſeite ſich zur ellipſeidiſchen Sectorfläche dehnen, der entgegengeſetzte aber ſich runden wird.

Dieſe Erſcheinung iſt jedoch nicht auf die angegebenen Metalle und Auflöſung beſchränkt, ſondern überhaupt, wenn man in den Wirkungskreis des vegetirenden ein gleichartiges oder mehr negatives Metall bringt, zeigt ſich dieſe Erſcheinung durch die ganze Metallreihe und in allen wirkſamen Auflöſungen derſelben allgemein und endet in der Berührung des vegetirenden mit dem erregenden (d. i. dem, dem fällenden Metall gegenüber gebrachten) Metall. Zieht ſich jedoch um letzteres eine Oxydſphäre her, ſo efflorescíren Anfangs nur die abgekehrten Seiten, oder es zeigt die zugekehrte abgeſtumpfte Aeſtchen, welche dann, ſich dunkler färbend, beerenartige Früchte zu tragen ſcheinen, die z. B. in der Auflöſung des Zinns und Eiſens in Salzſäure, worin Kupfer und Zink auf einander wirken, dem Ganzen die Geſtalt der fruchtkeimenden Rennthierflechte (Baeomyces rangif.) ertheilen. Aus dieſen breiten ſich Zweige gegen das erregende Metall, gewöhnlich zuerſt aus der Legirung der beiden Metalle in die Reinheit des letztern übergehend, aus.

In dieſer Entgegenſetzung eines elektronegativern Metalls liegt zugleich ein Mittel, die ſchlummernde Vegetation zu wecken, und ihr verzögertes Treiben zu beſchleunigen. So ſchien ein Kupferdraht in ſalzſ. Goldauflöſung (auf Glasplatten verbreitet) nicht zu keimen, als bis man ſeiner Spitze ein Goldſtäbchen gegenüber brachte; denn jetzt brach ein Goldzweig aus ihm hervor und rankte gegen den Stab. In einer ſalzſ. Arſenikauflöſung wurde ein unfruchtbares Eiſenſtäbchen, welchem man eine Kupferplatte gegenüber legte, von den ſchönſten Metallgebüſchen des Arſeniks umwuchert. Ein Kohlenſcheibchen wurde mit eſſigſaurer Bleiauflöſung, dem ſchon umwachſenen Zinkſtab gegenüber, in Berührung gebracht. Die peripheriſch ausſtralende Bleivegetation zog ſich bald zur Kohle herüber und das Wachſen nach andern Richtungen ſchien völlig zu erſchlaffen. Die Kohle wurde auf die entgegengeſetzte Seite gebracht, und ſchnell lebte hier die Vegetation auf, indem mehrere Zweige zur Kohle fortwuchſen. In ſalpeterſ. Queckſilberauflöſung ſtrömte vom herſtellenden Eiſenſtabe gegen zwei Wismuthſtäbe ein zweifacher aſtreicher Fächer (von Wismuthamalgam?). Zwei convergirende Eiſenſtäbe in ſalzſ. Antimonauflöſung wurden bis auf 2½ Lin. einer Kupferplatte genähert. Sie trieben bald fächerförmig ausgebreitete Aeſte, bis zur Berührung des Kupfers. Dieſes wurde jetzt 1½ Linie zurückgerückt, und aus den vorigen zuſammengewachſenen Fächern brach ein zweiter, kleinerer hervor. Als man dagegen von einem Zinkſtabe in ſalzſaurer

Eisenauflösung den erregenden Silberstab entfernte, so fiel die reich ausströmende Eisenvegetation zusammen. Man brachte jetzt den Silberstab an die andere Spitze und es entkeimten Gebüsche. Auf diese Weise kann man willkührlich die Vegetation hier aufblühen, dort verwelken lassen, und da sie sich stets dem erregenden Metall nachzieht, die Richtung dieses Zuges bestimmen.

Unvollständige Fällung. — In gewissen Fällen kann ein fällendes Metall, in eine Auflösung eingesenkt, nachdem es einen Anfang von Fällung gezeigt hat, wirkungslos werden, so daß die gänzliche Zersetzung nicht zu Stande kommt, was nach Versuchen, die ich weiterhin anführen werde, darauf beruht, daß die Oberfläche des Metalls im Verlauf der Fällung durch die Flüssigkeit so verändert wird, um nicht mehr die zur Fällung hinreichende Elektropositivität zu besitzen. Man bemerkt einen solchen Fall bei Eisen in einer, bis zu gewissem Grade verdünnten, salpeters. Silberauflösung, nach Wetzlar* auch in neutraler essigs. Silberlösung.

Der Beweis, daß in diesen Fällen das Stillestehen der Reduction nicht von einer Veränderung der Flüssigkeit abhänge, liegt schon darin, daß man das veränderte Eisen nur zu überfeilen braucht, um es von Neuem eine nach einiger Zeit stille stehende Reduction beginnen zu sehen.

Dieser Stillestand ist übrigens nur auf einzelne Fälle beschränkt. Rose** hat sich z. B. überzeugt, daß alles Blei durch Zink aus essigs. Bleiauflösung gefällt werden kann.

Reduction durch Legirungen. — Die Reduction oder Nichtreduction der Metalle durch Legirungen scheint in gleicher Abhängigkeit von dem elektromotorischen Verhalten der letztern zu stehen, als die Reduction durch einfache Metalle, so daß eine Legirung nach Maßgabe, als sie positiver ist, auch fähiger wird, die negativen Metalle zu reduciren. So reducirt nach Fischer (Pogg. Ann. XII. 504) Messing, als Blech oder Draht, leicht Silber- und Quecksilbersalze, aber weder Kupfer-, noch Blei-, noch Zinnsalze. — Zinksilber reducirt ebenfalls leicht und vollkommen Silber- und Quecksilbersalze, aber keine eines mehr positiven Metalls, selbst nicht salpetersaures Kupfer mit Ueberschuß an Säure. Aehnlich verhält sich die Legirung des Silbers mit Zinn und Blei. — Die Legirung des Silbers mit Kupfer reducirt nur die Quecksilbersalze und zwar selbst bei Anwendung von 12löthigem Silber; bei noch größerem Gehalt hört die Reduction auf.

Fälle, wo ein positives Metall ein negatives nicht aus seiner Auflösung niederschlägt. — Wir haben gesagt, daß im Allgemeinen die elektronegativen Metalle durch die elektropositiven aus ihren Auflösungen niedergeschlagen werden, aber nicht

---

* Schweigg. J. L. 106.

** Grotthuß ph. chem. Z. 141.

umgekehrt, und mit der Kenntniß der galvanischen Spannungsreihe müßte daher insofern zugleich die Kenntniß der Ordnung, in welcher sich Metalle wechselseitig aus ihren Auflösungen niederschlagen, gegeben seyn. Indeß, so sehr sich dieses Gesetz auch im Allgemeinen bestätigt, so finden doch auch nicht unerhebliche Ausnahmen davon Statt, die wir hier, so weit sie bekannt sind, anführen wollen.

Namentlich ist es das Eisen, von welchem man in dieser Hinsicht bedeutende Anomalieen beobachtet hat, indem gegen gewisse Metallauflösungen, die ein viel negativeres Metall enthalten als es selbst ist, seine Oberfläche nach den schönen Versuchen Wetzlar's sich an verschiedenen Stellen verschieden verhält, an einigen Stellen nämlich Reduction zu bewirken vermag, an andern nicht, oder wenigstens nicht bei gew. Temperatur, welches auf einen elektrisch differenten Zustand seiner Oberfläche deutet. Ja andre dergleichen Metallauflösungen vermag es unter den gewöhnlichen Umständen gar nicht zu zersetzen, und es scheint hiebei vorzüglich mit auf die Beschaffenheit der Säure in der zu fällenden Auflösung anzukommen.

Von den Erscheinungen, welche das ungleiche Reductionsvermögen der Eisenoberfläche betreffen, werden wir im Zusammenhange im 35sten Capitel handeln. Wir bemerken hier blos, daß es bis jetzt an der salpeterf. und essigs. Kupferauflösung und der kleesaur. Kupferoxyd-Ammoniackauflösung beobachtet worden ist. Was aber die Salze betrifft, welche das Eisen überhaupt nicht unter den gewöhnlichen Umständen zu reduciren vermag, wiewohl sie ein, elektronegativeres Metall enthalten, als es selbst ist, so kennt man ihrer bis jetzt folgende: das nicht zu stark saure und das neutrale salpeterf. Silber in conc. Auflösung, das essigs. Silber (worin nur die erwähnte anfangende Reduction Statt hat), das salpeterf. und schwefels. Kupferoxydammoniack, die ganz neutrale Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure (nach Bucholz) und das weinsteins. Kupferoxyd-Kali *. Es ist um so auffallender, daß das salpeterf. Silber nicht vom Eisen zersetzt wird, da beim salpeterf. Kupfer dieses sehr leicht gelingt, wiewohl das Kupfer dem Silber in der Elektronegativität nachsteht, und auch das schwefels. Silber leicht vom Eisen reducirt wird. Uebrigens gilt doch diese Nichtzersetzbarkeit der genannten Salze nur für die gewöhnlichen Umstände; denn wir werden nachher einige besondere Bedingungen angeben, unter welchen sie wirklich Statt findet.

Jedoch nicht das Eisen allein, auch andere Metalle zeigen dergleichen Anomalieen. So reduciren Wismuth und Antimon nach Fischer's Versuchen von allen Silbersalzen blos das kohlens. und salpeterf. Silber; ferner reduciren Antimon, Kobalt und Silber nach Kortum nicht die Aufl. des Goldes in Königswasser;

* Stahl bleibt auch unter essigs. Kupfer jedesmal blank, während sich vom Eisen blos manche Stäbchen darin überkupfern.

ferner Gold, Silber, Blei, Eisen, Wismuth, Kobalt, Antimon nicht die Auflösung des rohen Platin in Königswasser; Quecksilber reducirt nur die unauflöslichen Silbersalze vollständig, wirkt auf die unauflöslichen nur sehr schwach ein und auf die ammoniakalischen gar nicht; Kupfer reducirt das chroms. Silber nur bei Zusatz von Ammoniack, und ist auf die Wismuthsalze ohne Wirkung; Zinn zersetzt zwar, aber reducirt nicht das salpeters. und salzs. Kupferammoniack und ist auf schwefels. Kupferammoniack, essigs. Kupfer und Hornsilber ohne Wirkung; Blei ist auf Hornsilber und das salpeters. Kupferammoniack ohne Wirkung und zersetzt zwar das salzs. Kupfer, ohne es jedoch zu reduciren; (das Zink scheint die Auflösungen aller elektronegativern Metalle zu reduciren, doch nicht des Eisens).

Wir wollen jetzt die besondern Umstände angeben, unter welchen wenigstens bei mehrern dieser Fälle eine Reduction noch bewirkt werden kann.

Die Reduction des salpeters. Silbers durch Eisen gelingt unter folgenden Umständen. Nach Wetzlar zuvörderst, wenn man die conc. Auflösung mit 1½ ihres Volumens reiner Salpetersäure von etwa 1,2 spec. Gewicht versetzt, und das Eisenstäbchen unter die Flüssigkeit legt, während der Zusatz des gleichen Volumens Salpetersäure noch nicht hinreicht, diese Wirkung hervorzubringen. Jedoch auch in obigem Falle verschwindet das reducirte Silber nach einiger Zeit wieder von selbst in der Auflösung, wie anderweit erörtert werden wird (S. 416).

Ich selbst habe beobachtet, daß es nur einer gehörigen Verdünnung der neutralen oder sauren salpeters. Silberauflösung bedarf, um eine sehr schnelle Fällung derselben durch ein hineingetauchtes Eisenstäbchen erfolgen zu sehen, welche vollständig ist, wenn die Verdünnung stark genug ist, sonst aber bei einem gewissen Grade stehen bleibt. — Auch wird eine saure Silberauflösung durch Eisenfeile gefällt, welche durch ein Eisenstäbchen nicht gefällt wird, was aber nicht so bei der neutralen Auflösung der Fall ist.

Nach Fischer gelingt auch die Reduction binnen einiger Zeit, wenn man das Eisen als Stab oder Draht in die Silberauflösung, die etwas freie Säure besitzt, senkt, so daß es aus ihr hervorragt und zugleich von der Luft umgeben wird. In der That haben wir auch den begünstigenden Einfluß der Berührung mit der Luft schon in mehrern Fällen kennen gelernt. Nach Fischer* jedoch beruht er in jetzigem Falle darauf, daß das Eisen zwar nicht im metallischen, wohl aber, wie alle oxydulirten Eisensalze, als salpeters. Eisenoxydul, welches sich unter Einwirkung der Luft durch die freie Salpetersäure bildet, vermögend ist, die Reduction der Silberauflösung zu bewirken. Auch legt sich dann das reducirte Silber

* Pogg. VI. 52.

nur an dem in Berührung mit der Luft befindlichen Theile des Eisenstabes an, nicht aber an dem von der Flüssigkeit vollkommen bedeckten. Je reiner übrigens das Eisen ist, um so länger dauert es nach Fischer, ehe selbst unter diesen Umständen eine Reduction erfolgt; je unreiner es dagegen ist, um so schneller geht sie von Statten. Beim Ausschluß der Luft dagegen, d. h. wenn das Eisen von der Flüssigkeit ganz bedeckt ist, ist kein Unterschied wahrzunehmen; d. h. es findet überhaupt keine Reduction Statt.

Die Reduction des salpeters. Silbers durch Eisen kann ferner nach Fischer auch bewirkt werden, wenn der Silberauflösung eine geringe Menge salpeters. Kupfer zugesetzt wird. Dabei reducirt das Eisen, so lange die Flüssigkeit noch Silber aufgelöst enthält, nur dieses Metall ohne eine Spur von Kupfer, dessen Reduction erst, nachdem alles Kupfer ausgeschieden worden ist, erfolgt. Dieses Verhalten ist um so merkwürdiger, als aus dem Verhalten des Eisens zu diesen beiden Metallsalzen an und für sich eher das Entgegengesetzte hätte vermuthet werden können.

Eben so auffallend ist jedoch die umgekehrte Wirkung, welche der Zusatz einer sehr geringen Menge Silberauflösung zur Kupferauflösung auf das Eisen ausübt, indem dann nicht die geringste Reduction des Kupfers Statt hat *. Man kann daher Eisen in unverändertem Zustande unter einer Auflösung von salpetersaurem Kupfer aufbewahren, wenn man dieser zuvor einige Tropfen salpeters. Silberauflösung zugesetzt hat. Stellt man aber den Eisenstab wie eben in die etwas freie Säure enthaltende Flüssigkeit, so daß er zum Theil herausragt, so wird in diesem Fall erst alles Silber reducirt werden und dann die Reduction des Kupfers beginnen.

Endlich gelingt auch die Reduction der neutralen salpeters. Silberauflösung durch Eisen nach Fischer schnell, wenn man das Eisen damit kocht, so wie auch, obwohl unvollkommen, beim Kochen der salpeters. Kupferauflösung durch Wismuth. Beim Kochen von salzs. Zinn oder salpeters. Blei mit Eisen dagegen erfolgt keine Reduction.

Theorie der Metallfällung und Fällung durch galvanische Ketten. — Der erste Niederschlag, der sich an einem elektropositiven Metall bildet, wenn man es in die Auflösung eines

---

* Schon vor Fischer ist dieß, so wie die vorige umgekehrte Wirkung, von Keir beobachtet worden.

Die Erklärung dieser scheinbaren Anomalieen scheint darauf zurückzukommen, daß Silber und Kupfer in ihren vermischten Auflösungen selbst noch elektrometorisch auf einander wirken, so daß das Silber vermöge erhöhter Elektronegativität leichter, das Kupfer vermöge erhöhter Positivität minder leicht ausgeschieden wird; nur wird hieraus nicht erklärlich, warum gerade blos der Zusatz einer sehr kleinen Menge Silberauflösung zur Kupferauflösung die Reduction des Kupfers verhindert. Ein Umstand übrigens, der jener Erklärung sehr zu Hülfe käme, ist der, daß nach Grotthuß Erfahrungen (Gehlen J. VII. 704) das Blei vermag, durch Kupfer aus seiner salzs. Aufl. reducirt zu werden, wenn man dieser salpeters. Zinn zumischt. Es wäre wünschenswerth, dergleichen Versuche zu verallgemeinern.

elektronegativern bringt, kann wohl nicht anders erklärt werden, als die gewöhnlichen chemischen Zersetzungen, die wir im 27sten Capitel betrachtet haben. Das positive Metall äußert, eben wegen seiner größern Positivität, eine stärkere Anziehung auf den Sauerstoff des aufgelösten Metalls als dieses, und scheidet deshalb dieses aus, um an seine Stelle zu treten.

Es kann für den ersten Augenblick auffallend erscheinen, daß ein Metall, auch nachdem es sich schon ganz mit reducirtem Metall umzogen hat, doch noch fortfährt, die Fällung zu bewirken; welches voraussetzt, da allemal ein entsprechender Antheil vom fällenden Metall aufgelöst wird, als vom aufgelösten sich niederschlägt, daß Theilchen des fällenden Metalls durch die es umgebende Hülle von gefälltem Metall hindurchwandern. Das Auffallende dieses Umstands möchte jedoch großentheils verschwinden, wenn man erwägt, daß der Zusammenhang der Hülle stets nur außerordentlich locker und oft gleichsam schwammartig ist, so daß eine eigentliche Communication der Flüssigkeit mit dem zu fällenden Metall nicht einmal wirklich durch die Hülle intercipirt werden dürfte.

Ist aber einmal der erste Niederschlag des gefällten Metalls am fällenden erfolgt, so ist hiemit zugleich die Bildung einer einfachen Kette gegeben, von welcher das fällende Metall den positiven, das gefällte den negativen Pol bildet, und dieß bringt eine neue Bedingung zur Fällung mit sich. In der That kann diese Kette ganz auf dieselbe Weise zersetzend auf die Metallauflösung wirken, als wir dieß von der Säule angegeben haben, die nur eine Vervielfältigung der einfachen Kette ist. Es werden sonach die Säure des aufgelösten Salzes und der Sauerstoff des Wassers als die negativen Bestandtheile der Flüssigkeit sich zum fällenden Metall als dem positiven Pol der Kette begeben und dieses auflösen; dagegen das Metalloxyd und der Wasserstoff des zersetzten Wassers zum negativen Pole, und hier wird sich das Metall regulinisch niederschlagen, indem das Oxyd durch den Wasserstoff reducirt wird.

Diese Umstände erhalten eine sehr gute Erläuterung, wenn man das fällende Metall gleich Anfangs mit einem negativern zur einfachen Kette combinirt, ihm also ursprünglich einen negativen Pol giebt, indem man z. B. ein Silber-, Platin- oder Goldstück in eine Kupfervitriolauflösung legt, und dann ein Eisenstäbchen hineinführt. So lange das Eisenstäbchen nicht in Berührung mit der negativen Platte kommt, bleibt diese unverändert; so wie sie aber davon berührt wird und mithin sich zur einfachen Kette mit ihr combinirt, sieht man auch sie von der berührten Stelle aus sich überkupfern; hiebei jedoch fährt auch das Eisenstäbchen selbst fort, Kupfer an sich niederzuschlagen; und man braucht es nur, während es in Berührung mit dem negativen Metall ist, so in die Flüssigkeit zu neigen, daß eine noch blanke Stelle desselben in Berührung damit kommt, so

wird man dieſe ſofort ſich ebenfalls überkupfern ſehen, zum Zeichen, daß das Eiſen auch für ſich fortfährt, die Fällung zu bewirken *.

Auf dieſes Vermögen der negativen Metalle, wenn ſie mit poſitiven combinirt in eine zu fällende Metallauflöſung gebracht werden, das Metall theilweis an ſich niederzuſchlagen, laſſen ſich überhaupt viele anziehende Verſuche gründen, in welchem Bezug ſich beſonders mehrere Verſuche Macaire's zur Wiederholung eignen.

Man lege z. B. auf ein Goldſtück in einer Queckſilberauflöſung, z. B. von Aetzſublimat, Zinn oder gut gereinigtes Eiſen oder Kupfer, ſo erhält man ſchnell einen anſehnlichen Niederſchlag metalliſchen Queckſilbers auf das Gold und Amalgamation deſſelben; es wird eine graue Farbe annehmen; nach Reiben mit Löſchpapier aber ſilberweiß werden. Auch gehören hieher die von mir S. 390 erwähnten Verſuche.

Durch die erörterte zerſetzende Wirkung der einfachen Kette nun erklärt ſich auch der Erfolg nachſtehender Verſuche, deren erſter von Fiſcher herrühret **.

Ein Zinkſtäbchen, an welchem ein Platin- oder Golddraht in gerader Richtung befeſtigt war, wurde mit dem Zink nach unten in ein Glas geſetzt, in welches darauf von einer geſättigten Auflöſung ſalpeterſ. Zinks ſo viel gegoſſen ward, daß ſie ¼ bis ½ Zoll über dem Zinke ſtand und alſo ſo viel von dem Platin- oder Golddraht umgab. Darauf wurde auf dieſe Flüſſigkeit eine Schicht verdünnter Auflöſung ſalpeterſ. Kupfers oder Blei's gebracht. War die Verſchiedenheit des ſpec. Gewichts der obern und untern Flüſſigkeit ſehr bedeutend, ſo daß beide lange Zeit ohne ſich zu vermiſchen in dieſer Abſonderung verharren konnten, ſo erfolgte die Reduction des Kupfers oder Blei's am Platin- oder Golddraht ſogleich, als die Auflöſung dieſer Metalle dieſen Draht berührte. Und ſelbſt in einer Zink-Bleikette erfolgte unter dieſen Umſtänden die Reduction am Blei nach wenigen Minuten, ungeachtet von der zu reducirenden Metallauflöſung in der ſehr kurzen Zeit noch nichts zum Zink gelangt ſeyn konnte.

Sylveſter überzog die eine Hälfte einer Glasplatte mit ſalpeterſ. Silberauflöſung, die andere mit verdünnter Salzſäure, ſo daß beide ſich berührten, darauf legte er das eine Ende eines Platindrahts in das ſalpeterſ. Silber, ſein anderes Ende lag auf dem Tiſch und in den mit verdünnter Salzſäure überzogenen Theil der Glasplatte wurde auf ähnliche Art ein Zinkdraht gelegt. Als er nun die beiden auf dem Tiſch liegenden Enden der Drähte mit einander in Berührung brachte, wuchs ſehr bald ein ſchöner Silberbaum

---

* Dieſe Verſuche kann man auch ſo wiederholen, daß man ein Eiſen- und Silberblättchen in ſchwefelſaure Kupferauflöſung tauchen und ſich außerhalb der Flüſſigkeit berühren läßt.

** G. LXXII. 304.

von der Spitze des Platindrahts aus. Sobald die Enden der Drähte getrennt wurden, hörte dieſes Wachſen auf *.

Grotthuß ** füllte die Hälfte einer dünnen Röhre, (6 Zoll hoch und etwas mehr als 3 Lin. im Durchmeſſer weit) mit einer conc. Auflöſung von ſalpeterſ. Kupfer. Darauf goß er ſehr behutſam eine reine, völlig neutrale, aber verdünnte, Auflöſung von ſalpeterſ. Silber, der, um ihre ſpec. Leichtigkeit zu vermehren, etwas Alkohol zugemiſcht worden, in die obere Hälfte, mit Vorſicht, daß ſich beide nicht miſchten. Bis zur Mitte der letztern Flüſſigkeit, alſo ungefähr 1½ Zoll von der erſten, ſenkte er einen kleinen Kupfercylinder, welcher nicht ermangelte, das Silber in Form von ſehr zarten und feinen Veräſtelungen niederzuſchlagen. Dieſe Silberblumen näherten ſich nach und nach der blauen Kupferauflöſung und 24 Stunden nachher, nachdem ſie dieſelbe erreicht hatten, waren ihre Spitzen mit Kupfertheilchen bedeckt zu ſehen, deren Farbe völlig verſchieden war, und die mit dem Silber nicht verwechſelt werden konnten, und während 4 Tagen verlängerte ſich dieſe Kupfervegetation noch um 3 Linien. — Als der Verſuch ſo wiederholt ward, daß ſtatt des Kupfer- ein Zinkcylinder genommen ward, geſchah die Fällung des Kupfers an den Enden der Silberzweige weit ſchneller ***.

Nach Fiſcher † findet bei der einfachen Kette der bemerkenswerthe Umſtand Statt, daß, wenn das poſitive Metall der Kette das nämliche iſt, als dasjenige, welches die in die Kette gebrachte Auflöſung enthält, ſo tritt keine Reduction ein.

Es findet ſich nämlich nach ihm, daß 1) eſſigſ. oder ſalpeterſ. Blei zwar durch einfache Ketten von Zink-Gold, Zink-Silber, Zink-Kupfer und ſelbſt durch Ketten von Zink-Blei reducirt wird, dagegen durch Blei-Kupfer, Blei-Silber und Blei-Platin keine Reduction erfolgt (noch weniger, wenn das poſitive Metall Zinn, Kupfer oder Silber iſt). Auf ähnliche Weiſe werden 2) die Kupferſalze zwar reducirt, wenn das poſitive Metall der einwirkenden Kette Zink, Eiſen, Blei, Zinn iſt, alſo auch durch Blei-Kupfer oder Zinn-Kupfer; dagegen zeigen ſich Ketten aus Kupfer-Silber und Kupfer-Platin u. ſ. w. unwirkſam. Endlich 3) wurde ſalpeterſ. Silber durch alle Ketten reducirt, deren poſitive Glieder von Zink bis zum Kupfer und Queckſilber waren, alſo auch durch Kupfer-Silber und

---

* Hieher gehören auch einige intereſſante Verſuche von Roſe in Grenduß phyſ. chem. Forſch. 134.

** Gilbert J. VII. 735.

*** Nach Fiſcher gelingt übrigens der Anſatz des Kupfers an das Silberbäumchen nicht, wenn Kupfer- und Silberauflöſung vollkommen neutral ſind, wohl aber wenn ſie freie Säure haben, und beſonders, wenn das ſalpeterſ. Kupfer ſolche hat.

† Abhandlungen der Berl. Akad. 1814 bis 1815. S. 272.

Quecksilber-Silber; dagegen waren Ketten von Silber-Gold und Silber-Platin unwirksam.

Die Erklärung dieses Umstandes dürfte vielleicht auf den Umstand zurückkommen, daß, wenn sich an dem negativen Pole der einfachen Kette dasselbe Metall niederschlagen wollte, was an dem positiven Pole vorhanden ist, dann sofort die galvanische Wirkung aufgehoben werden müßte, in sofern dann ein Metall zwischen zwei gleichartigen sich befände; so daß somit höchstens ein Anfang von Fällung eintreten könnte; und es scheint hienach überhaupt zu einer fortgehenden Niederschlagung in der einfachen Kette erfodert zu werden, daß das positive Metall positiver sey, als das zu fällende Metall; oder im umgekehrten Falle würde vielleicht gar eine Umkehrung der Kettenpolarität eintreten können. Uebrigens ist nach Fischer in Beziehung auf die obigen Versuche zu bemerken, daß man, um so genaue Resultate zu erhalten, Metallsalze wählen müsse, die von andern Metallsalzen ganz rein und möglichst neutral, d. h. ohne freie Säure sind. Denn im Fall einer Beimischung anderer Salze, besonders eines weniger oxydirbaren Metalls, kann man leicht getäuscht werden und auf Ausnahmen von dem obigen Gesetze zu stoßen glauben; und ist die in dem Metallsalze enthaltene freie Säure von bedeutender Menge, so wird in manchen Fällen auch noch durch solche Ketten eine Reduction bewirkt werden, bei denen dasselbe Metall, welches aufgelöst ist, als positives Metall angewandt wird.

Wendet man eine Säule an, indem man ihre Leitungsdrähte in eine mit einer beliebigen Metallauflösung gefüllte Röhre gehen läßt, so wird man, von welcher Beschaffenheit auch das Metall der Leitungsdrähte seyn mag, jedenfalls am negativen Pole eine Fällung der Metalle der Auflösung erfolgen sehen; und wird z. B. Blei-, Silber-, Zinnbäume u. s. w. darstellen können, wie bei den Versuchen auf S. 393. Dieser Umstand bestätigt noch vollends die Abhängigkeit der metallischen Fällungen vom elektrischen Verhältniß der Metalle *.

Becquerel ** hat gezeigt, daß sich selbst mittelst einfacher thermoelektrischer Ketten metallische Fällung hervorrufen läßt. Man nehme z. B. zwei Drähte, einen von Platin, den andern von Kupfer, von einer gewissen Länge und ungefähr ¼ Millim. Dicke und biege jeden Draht an einem seiner Enden zu einer Oehse um, den Platindraht zu einer sehr kleinen, den Kupferdraht zu einer von 3 Millim. Oeffnung. Diese Oehsen stecke man in einander und an das freie Ende des Platindrahts schweiße man einen zweiten Kupfer-

* Bemerkt mag werden, daß man auch an Zwischendrähten metallische Fällungen hervorbringen kann, wo dann, in Uebereinstimmung mit dem S. ausgesprochenen Principe, der dem positiven Pole der Kette gegenüberbefindliche Theil des Drahts als negativer Pol zum Anlag des gefällten Metalls dient.

** Pogg. Ann. XL. 467.

draht; auch ſchmelze man ein wenig Schwefel an die Kupferröhre an *. Nach dieſer Vorrichtung ſtelle man eine Weingeiſtlampe unter die Platinröhre, ſo daß dieſelbe rothglühend wird, die Kupferröhre aber nicht, eine Bedingung, die man erfüllt, wenn man den Platindraht an das Ende der weißen Flamme bringt, ſo daß dieſe ſehr wenig von der Kupferröhre entfernt iſt **.

Es ſey nun in eine U förmig gebogene Röhre eine Löſung von ſalpeterſaurem oder ſchwefelſaurem Kupfer gegoſſen und in jeden Arm derſelben ein Kupferdraht geſteckt, der mit den Enden der Drähte, aus welchen der oben beſchriebene Apparat beſteht, in Verbindung iſt. Nach Ablauf einer Stunde wird das Ende, welches der negativen Seite entſpricht, mit metalliſchem Kupfer bedeckt, das andre dagegen ſichtlich oxydirt ſeyn; dagegen ſich keine ſolche Wirkung zeigt, wenn keine Temperaturdifferenz angebracht wurde ***.

Selbſt Ketten mit zwei Flüſſigkeiten, wie wir ſie im 37ſten Capitel beſchreiben werden, vermögen nach Becquerel dergleichen Fällungen zu bewirken.

Man nehme zwei ſehr kleine Glasbecher, gieße in den einen Salpeterſäure, in den andern Kalilauge, und verbinde ſie mittelſt einer gekrümmten, etwas engen, Glasröhre, die mit einer Kochſalzlöſung gefüllt iſt. Nun tauche man in jede Flüſſigkeit einen Platinſtreifen, der an das Ende eines Platindrahts befeſtigt iſt, und an jeden dieſer beiden Drähte befeſtige man wiederum einen Draht von demjenigen Metalle, das man dem Verſuch unterwerfen will, indem man dieſe Drähte in eine Auflöſung von gleichnamigem Metall tauchen läßt. Hier erfolgt die Fällung an dem mit dem Kali verbundenen Drahte †.

---

* Die Schicht von Schwefelkupfer, womit die Kupferröhre ſolchergeſtalt überzogen wird, erhöht die Stärke des Stroms merklich.

** Soll der Strom, der im obigen Falle dem Bogen folgend vom Kupfer zum Platin geht, (wie man findet, wenn man die Enden des Bogens mit dem Multiplicator verbindet) die umgekehrte Richtung erhalten, ſo hat man blos die größre Hitze auf der Seite des Kupferdrahts anzubringen.

*** Drähte von Zink, Zinn, Silber, Blei ſtatt der Kupferdrähte am Apparat befeſtigt, und reſpectiv in die Auflöſungen ihrer gleichnamigen Metalle getaucht, geben ähnliche Reſultate; Platindrähte dagegen ſind ohne Wirkung auf eine Platinauflöſung. Drähte von Platin, Gold, Silber u. ſ. w. in Löſungen von Blei, Zinn oder Kupfer getaucht und wie oben mit ihnen verfahren, haben durchaus keine fällende Wirkung auf dieſelben; doch wird von zwei Silberdrähten, die man in Löſungen von ſchwefelſ. oder ſalpeterſ. Kupfer eingetaucht hat, der poſitive ſtets von der Säure angegriffen, ohne daß ſich auf dem negativen ein Niederſchlag bildet. — Verlangt man anhaltende Wirkungen von dem thermoelectriſchen Apparate, ſo muß man von Zeit zu Zeit den Kupferring, in welchen der Platinring eingehakt iſt, erneuern, weil ſonſt ein Punct eintritt, wo das Kupfer ganz oxydirt und die Continuität unterbrochen wird. — Ein Apparat, gebildet aus einem Platindrahte und einem Eiſendrahte brachte keine Zerſetzungen zuwege.

† Man kann auch Waſſer ſtatt des Kali's nehmen, wenn man ſtatt Platin, Kupfer eintauchen läßt.

Gegen die bisher aufgestellte elektrochemische Ansicht hat man manche Einwürfe erheben, deren hauptsächlichster in dem Umstande lag, daß manche positive Metalle unter gewissen Umständen die negativen nicht aus ihrer Auflösung zu scheiden vermögen, ungeachtet negativere Metalle, als sie selbst hiezu fähig sind. Gerade diese Umstände aber sind es, die bei näherer Untersuchung zu den schönsten Belegen für die elektrochemische Theorie werden.

Bleiben wir zuvörderst bei der scheinbaren Anomalie stehen, daß concentrirte salpeterf. Silberauflösung nicht durch Eisen gefällt wird, während doch Kupfer dieses zu bewirken vermag. Es wird sich zeigen, daß die Fällung blos darum nicht erfolgt, weil das Eisen, so wie es in die salpeterf. Silberauflösung eingetaucht wird, eine Modification seiner Oberfläche der Art erfährt, daß es in der That negativer als Silber wird, und daß diese Negativität und die Nichtfällung einerseits, die Positivität und das Erscheinen der Fällung andererseits immer gleichzeitig mit einander hervortreten.

In der That * man tauche ein Silber- und ein Eisenstäbchen an den Enden des Multiplicators in eine concentrirte salpeterf. Silberauflösung; das Eisen wird sich durch die Ablenkung der Magnetnadel als negativ zu erkennen geben und blank bleiben. Man verdünne die Auflösung beträchtlich: das Eisen frisch abgefeilt und eingetaucht, wird sich positiv gegen das Silber zeigen, und sogleich vom gefällten Silber anlaufen; endlich wird man einen mittlern Concentrationsgrad der salpeterf. Silberauflösung finden, wo Anfangs Fällung erfolgt, bald aber das Eisen wieder blank wird, und wo zugleich mit dem Blankwerden des Eisens eine Avogradosche Umkehrung aus dem Positiven ins Negative durch den Multiplicator angezeigt wird.

Fast noch auffallender stellt sich diese Coincidenz der Umkehrung aus dem Positiven ins Negative mit dem Uebergang der Fällung in Nichtfällung bei folgendem, von Keir (dessen Vers. und Beob. 28), und Wehler angestellten, interessanten Versuche dar, wenn man ihn mit Zuziehung des Multiplicators vornimmt.

Vermischt man eine conc. Auflösung von salpeterf. Silber mit ½ ihres Volumens reiner Salpetersäure (von etwa 1,2 sp. G.), so läuft ein Eisenstäbchen, in diese Flüssigkeit gebracht, augenblicklich schwarz an und überzieht sich mit einem dunkelfarbigen Niederschlage reducirten Silbers, welcher immer weißer und glänzender wird, bis nach einigen Augenblicken eine, in hellem Silberglanz strahlende, voluminöse Vegetation überall das Stäbchen bedeckt. Kaum entstanden fängt aber dieser Silberbaum unter ungestümer Salpetergasentwickelung an, sich wieder aufzulösen; die untern dunkeln Schichten der Vegetation kommen wieder zum Vorschein, und endlich erscheint, nach Auflösung alles gefällten Silbers, die Oberfläche des Eisens

* Diese Versuche habe ich in Schweigg. J. bekannt gemacht.

wieder blank und glänzend. Nur einige rauhe und zerfressene Stellen deuten die Puncte an, von welchen der Angriff vorzüglich ausgieng. Die übrige Oberfläche des Stäbchens ist fast noch blanker und glänzender als vor dem Angriff und hat nach Wetzlar eine eigene, nicht näher untersuchte, Veränderung erlitten, indem sich die dem Eisen eigenthümliche graue Farbe in eine mehr silberweiße verwandelte. Die Flüssigkeit ist nunmehr etwas gelblich und enthält noch einen bedeutenden Ueberschuß von Salpetersäure *.

Ich selbst habe, bei einem gewissen Verhältnisse von Salpetersäure, den angegebnen Wechsel zwischen Fällung und Wiederauflösung des Silbers nicht blos einmal, sondern 4 bis 6 mal hinter einander erfolgen sehen, und ein eben so oftmaliges damit coincidirendes Umspringen des Eisens aus dem Positiven ins Negative beobachtet, wenn der Multiplicator dabei angewandt ward.

Die Modification, welche das Eisen beim Eintauchen in die conc. salpeters. Silberauflösung erfährt, ist von sehr merkwürdiger Art. Das Eisen bleibt dabei durchaus blank, und abgerechnet die geringe Veränderung in der Weiße, die Wetzlar daran beobachtet hat, die ich selbst jedoch nicht deutlich wiedergefunden habe, bemerkt man mit dem Auge an dem aus der Auflösung herausgezogenen Stäbchen keinen Unterschied von gewöhnlichem blanken Eisen. Dessenungeachtet giebt sich das Statthaben der Modification seiner Oberfläche noch durch viele andere Erscheinungen zu erkennen, die sämmtlich auf die größere Elektronegativität, die es dadurch erlangt hat, Bezug haben.

In der That, wenn einmal ein Eisenstäbchen in der mit Salpetersäure versetzten Auflösung negativ geworden, gleichviel, ob alsbald beim Hineinlegen, oder erst nach einem erlittenen

---

* Die richtige Erklärung dieser Erscheinung dürfte folgende seyn, und wenn ich Wetzlar recht verstehe, so ist es auch die, die er selbst giebt; wobei besonders ein anderweiter Versuch desselben berücksichtigt werden muß, zufolge dessen eine conc. Auflösung des salpeters. Silbers, blos mit 1 Vol. reiner Salpetersäure versetzt, ein hineingelegtes Eisenstäbchen ungeändert läßt, zum Zeichen, daß dieses darin die Modificanen angenommen, vermöge deren es negativer als Silber geworden, denn während ersteres nicht von einer solchen Auflösung angegriffen wird, vermag dagegen letzteres davon aufgelöst zu werden. Setzt man zur genannten Auflösung noch mehr Salpetersäure, so wird vermöge dieses elektronegativen Zusatzes die Positivität des Eisens so gesteigert, oder seine negative Modificanen so weit aufgehoben, daß es nicht nur von der Salpetersäure angegriffen wird, sondern zugleich das Silber aus seiner Auflösung zu fällen und es in gefälltem Zustande zu erhalten vermag, ungeachtet die freie Salpetersäure stets die Neigung äußern muß, dasselbe aufzulösen. Hat nun aber vermöge der Auflösung des Eisens die Quantität der Salpetersäure abgenommen, so wird dadurch die Positivität des Eisens so geschwächt, daß es nun nicht nur nicht weiter von der Salpetersäure angegriffen wird, sondern auch deren Angriff auf das Silber nicht mehr hindern kann, das jetzt positiver gegen die Auflösung als das Eisen wird und daher das schon aufgelöste Eisen sogar wieder aus seiner Auflösung fällt.

Angriffe, ſo hat es nun, vermöge dieſes Zuſtandes, die Eigenſchaft erlangt, der Einwirkung der Flüſſigkeit zu widerſtehen; ſelbſt dann noch, wenigſtens einige Zeit hindurch, wenn man eine noch ſo große Menge Salpeterſäure hinzugießt. Das Stückchen liegt dann ohne Einwirkung in einer Flüſſigkeit, die faſt ganz aus Salpeterſäure beſteht *.

Man findet ferner, daß ein Eiſenſtäbchen, welches eine kurze Zeit in ſaurer ſalpeterſ. Silberauflöſung gelegen hat, von da in ſalpeterſ. oder ſchwefelſ. Kupferauflöſung gebracht, vollkommen blank bleibt **, wenigſtens längere Zeit hindurch, manchmal ſelbſt noch nach 18 Stunden; doch verſchwindet mit der Zeit dieſe Modification und gewöhnlich findet man die Stäbchen viel eher ſchon überkupfert.

Wurden die, aus der ſauren Silberauflöſung herausgenommenen, Stäbchen erſt einen Augenblick in deſtillirtes Waſſer getaucht, ſo blieben ſie deſſenungeachtet im Beſitz ihres wirkungsloſen Zuſtandes; doch ſchien es Weglar ſtets, daß dieſer in dieſem Falle ſchneller verloren gieng und daß die freiwillige Ueberkupferung früher eintrat, als wenn ſie direct in die Vitriolauflöſung gebracht wurden.

Wurde ein, in letzterer liegendes, wirkungsloſes Stäbchen mit dem Finger berührt, ſo trat keine Veränderung ein, eben ſo wenig, wenn ein Silberblech daran gehalten wurde. Nur ein, die Kupferauflöſung fällendes, Metall brachte im Augenblicke Ueberkupferung des damit berührten Stäbchens zuwege ***.

Nicht nur Abfeilen, ſondern ſelbſt ſchon geringes Abreiben der Oberfläche des Eiſens hebt übrigens die Modification auf, die es in der ſalpeterſ. Silberauflöſung erlitten hat.

---

* Sehr frappant iſt folgender Verſuch. Man berühre das in letzterwähnter Fl. liegende Stäbchen einen Augenblick mit der Spitze eines Eiſendrahts oder einer Nähnadel. Im Nu wird es angegriffen und mit reducirtem Silber bedeckt. Zerlegung der S. und des aufgelöſten Silberoxyds dauern dann ſo lange fort, bis die freie Salpeterſäure bis zu einem gewiſſen Verhältniſſe von dem Eiſen geſättigt iſt, worauf wiederum eine Umkehrung der Polarität unter Auflöſung des gefällten Silbers eintritt. — Zu dem Gelingen dieſes überraſchenden Verſuchs bedarf es übrigens keines ſo großen Ueberſchuſſes von Salpeterſäure als oben angegeben. Es muß davon nur ſo viel vorhanden ſeyn, daß der Eiſendraht ſofort beym Hineinführen in die Fl. angegriffen wird. Derſelbe Verſuch läßt ſich auch auf folgende Weiſe anſtellen, obſchon er ſich dann weniger frappant ausnimmt. Man werfe ein zweites Stäbchen in die ſaure Fl., worin das blanke liegt. Jenes umgiebt ſich ſchnell mit einer Silbervegetation. Wie dieſe nun, ſich vergrößernd, das ebenan liegende blanke Stäbchen berührt, ſchwärzt ſich auch dieſes mit einemmale und bedeckt ſich mit gefälltem Silber.

** Auch hier jedoch kann durch Berührung mit einer ſtählernen Nadel plötzliche Ueberkupferung hervorgebracht werden; die dann vorgeht, wenn auch die Berührung nur einen Augenblick gedauert hat.

*** Hier geſchieht die Fällung durch Bildung einer einfachen Kette, von der das Eiſen als negativer Pol zur Anlagerung des gefällten Metalls dient.

Die letzt angeführten Umstände sprechen wohl sehr deutlich dafür, daß nicht etwa eine vom Eisen festgehaltene eigenthümliche El., die es aus der salpeters. Silberauflösung mit herausnimmt, Ursach seiner veränderten Eigenschaften sey — denn warum würde sie ihm dann nicht durch Leiter aber wohl durch mechanische Operationen entzogen, — sondern daß eine wirkliche Aenderung seiner Oberfläche, bestehe sie nun blos in einer Aenderung des Gefüges oder einer chemischen Aenderung, deren Beschaffenheit jedoch bis jetzt noch nicht nachzuweisen geglückt ist, Schuld daran sey *.

Nach den an der salpeters. Silberauflösung gemachten Erfahrungen, stand zu erwarten, daß das Eisen überhaupt durch alle Flüssigkeiten, in welchen es nach Capitel 12 so verändert wird, um in der galv. Spannungsreihe bedeutend herabzurücken, eine ähnliche Modification erlangen würde. Als solche Flüssigkeiten haben wir die rothe rauchende Salpetersäure, die Ammoniakflüssigkeit, und die Kalilauge kennen gelernt. In der That verhält sich nach Wetzlar die erstere mit der sauren salpeters. Silberauflösung ganz gleich in Ertheilung des wirkungslosen Zustandes gegen Kupfervitriollösung und reine Salpetersäure, und die Ammoniakflüssigkeit und Kalilauge ähnlich, obwohl schwächer, wie in der That in ihnen auch das Eisen nicht so stark negativ als in erstern Flüssigkeiten wird.

Ich selbst habe mich ferner überzeugt, daß Eisen aus essigs. oder salpeters. Kupferammoniack, in denen es in der Regel keine Fällung hervorbringt, herausgezogen, und nach Abspülen in Wasser gegen frisches Eisen geprüft, sich negativ dagegen verhält, und durch Eintauchen in dieselben Flüssigkeiten rückt Zinn, welches sie ebenfalls nicht fällt, sogar noch unter Eisen herab, jedoch bleiben beide positiver als Kupfer. Alle diese Fälle sprechen sonach für die elektrochemische Ansicht der Metallfällungen. Dessenungeachtet bleiben immer noch andre Fälle übrig, bei welchen das Ausbleiben der nach ihr zu erwartenden Fällungen nicht durch Annahme eines elektr. negativen Zustandes des zu fällenden Metalls erklärt werden kann, und die sonach bis jetzt noch der bestimmten Aufklärung ermangeln.

In der That, da Zink das Blei mit so großer Leichtigkeit fällt, so wäre zu erwarten, daß es das negativere Eisen noch leichter fällen

* Es ist zu vermuthen, daß in salpeters. Silberauflösung die modificirende Wirkung von der Salpetersäure ausgehe, da rauchende Salpetersäure für sich denselben Erfolg hat, und eben so kann man bei dem Doppelsalze des Kupfers mit Kali und Ammoniack, welche eine solche Modification am Eisen hervorbringen, vermuthen, daß sie vom Kali oder Ammoniack ausgehe, da diese ebenfalls für sich schon eine solche Wirkung äußern. Vielleicht möchte daher überhaupt in den Fällen, wo positive Metalle wirkungslos in den Auflösungen negativer werden, dies davon abhängen, daß sie stärker auf die andern Bestandtheile der Auflösung einwirken (und dadurch verändert werden), als auf das Metalloxyd. Man erinnere sich hierbei an die Zerlegung der Salpetersäure in salpeters. Kupferauflösungen S. 000.

würde; allein weder fällt Zink die Eisenauflösungen, noch nimmt es, wie ich mich wenigstens in Bezug auf Eisenvitriolauflösung überzeugt habe, einen negativen Zustand darin an.

Reduction eines Metalls durch ein ihm gleichnamiges Metall *. — Wenn man über eine Metallauflösung Wasser schichtet, und durch beide Flüssigkeiten einen Stab oder ein Blech des nämlichen Metalls steckt **, welches sich in der Auflösung befindet, so schlägt sich im Allgemeinen das Metall aus der Auflösung an dem Theile des Metalls nieder, welcher in dieselbe taucht; der in das Wasser tauchende Theil des Stabes oxydirt sich und zwischen beiden, um die Berührungsstelle der Flüssigkeiten, bleibt das Metall blank. Man hat mithin hierin ein Mittel, ein Metall durch ein ihm gleichnamiges Metall aus seiner Auflösung niederzuschlagen. Jedoch gelingt dieser Erfolg theils nicht mit allen Metallauflösungen, nach Bucholz z. B. nicht beim grünen und weißen salzsauren Kupfer so wie beim grünen schwefels. und salzs. Eisen ***; theils sind mehrere Bedingungen auf denselben von Einfluß. Er gelingt um so besser, je verschiedener das spec. Gewicht der Metallauflösung von dem darüber geschichteten Wasser ist, und je langsamer sich mithin beide vermischen, daher Concentration der Auflösung im Allgemeinen vortheilhaft ist, (wiewohl dieselbe unstreitig auch wegen verstärkten elektrischen Gegensatzes mit dem überstehenden Wasser begünstigend wirkt). Ein Zusatz von Säure zu dem Wasser wirkt ebenfalls günstig †, nur darf er nicht so stark seyn, daß wegen des dadurch bedingten stürmischen Erfolgs die Vermischung der Flüssigkeiten zu schnell geschieht, dagegen wirkt freie Säure in der Metallauflösung hinderlich, oder kehrt sogar das Resultat um, wie man namentlich beim salzs. Zinn, welches eine gewisse Quantität freie Säure enthält, die Reduction nicht unterhalb der Berührungsstelle des salzs. Zinns mit dem Wasser vor sich gehen sieht, sondern innerhalb der Gränze beider Flüssigkeiten, wo sich durch Vermischung mit dem Wasser die Zinnauflösung verdünnt hat, während in der conc. Zinnauflösung selbst der hindurchgesteckte Stanniol oxydirt und aufgelöst wird. Ist dagegen der Antheil freier Säure in der Zinnauflösung geringer, so oxydirt sich, wie im gewöhnlichen Falle, der Stanniol nach dem Wasser zu, und unterhalb der Gränze

---

* Vergl. hiezu namentlich Bucholz in Gehlen J. V. 127.

** Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man das Wasser und die Auflösung jedes in einen besondern Schenkel einer Heberröhre bringt und dann durch einen Draht oder Streifen des Metalls, den man durch beide steckt, verbindet.

*** Bucholz erhielt gelungene Erfolge mit salpeters. Kupferauflösung, salpeters. Silberauflösung, essigs. Bleiauflösung, salzs. Zinkauflösung.

† Dies beobachtete Bucholz in allen Fällen; mit schwefelsaurer Kupferauflösung gelang sogar der Erfolg blos dann, wenn das übergeschichtete Wasser sauer war.

von Waſſer und Metallauflöſung in letzterer ſelbſt, reducirt ſich das Zinn *.

Oefters reicht es ſchon hin, daß die verſchiedenen Schichten einer Metallauflöſung nur eine verſchiedne Concentration haben, oder in verſchiednem Grade mit Metall geſättigt ſind, damit ein hineingeſteckter Stab von gleichnamigem Metall Reduction bewirke, und ganz beſonders zeichnet ſich in dieſer Hinſicht die ſalzſ. Zinnauflöſung aus. Wenn man z. B. Zinn mit Salzſäure in einem hohen Kolben oder gewöhnlichen Medicinglaſe kocht, ſo bilden die Salzſäure und das Waſſer, welche dabei verdampfen, ſich aber an den obern Wänden des Glaſes wieder verdichten und herabfließen, eine kleine Schicht minder zinnhaltiger und leichterer Flüſſigkeit über der zinnreicheren ſchwereren. Dieſe geringe Differenz iſt hinreichend, den Prozeß einzuleiten; ja ich habe ſehr deutliche Fällung in federartigen Kryſtallen erfolgen ſehen, als die Auflöſung in bloßer Kälte vorgenommen wurde, wahrſcheinlich weil ſich die concentrirtern Schichten immer ſenken.

Die Erklärung der Metallfällungen durch gleichnamiges Metall, welche unter den angegebenen Umſtänden erfolgen, läßt ſich auf die Fällung durch eine einfache Kette zurückführen, wenn man erwägt, daß das Metall, welches durch die beiden übereinandergeſchichteten Auflöſungen hindurchgeſteckt wird, gegen die eine Flüſſigkeit poſitiver oder negativer als gegen die andere wird, ſo daß es ſich in zwei elektriſch differente Hälften theilt, welche die Bedingungen der einfachen Kette erfüllen **. In der That ſehen wir auch, wie der Anſatz des gefällten Metalls an dem Theile des reducirenden erfolgt, welcher in die poſitivere (minder ſaure) beider Flüſſigkeiten taucht, mithin ſelbſt ſich als die negativere Hälfte verhält.

Fällung durch andere Körper als Metalle. Die Fällung der Metalle aus ihren Auflöſungen kann nicht allein durch andere Metalle geſchehen, ſondern alle Körper von ſtark deſoxydirenden Eigenſchaften eignen ſich dazu, inſofern ſie nicht etwa zugleich neue Verbindungen mit den Metallen eingehen (wie die Schwefelleberlöſung). Namentlich können die negativen oder ſogenannten edlen Metalle durch eine ſehr große Menge Körper aus ihren Auflöſungen niedergeſchlagen werden, ſo durch Phosphor, durch Waſſerſtoff oder waſſerſtoffreiche vegetabiliſche Körper, als Aether, Alkohol

---

* Ritter (Gehlen n. a. J. IV. 253) hat über dieſe Umkehrungen viele intereſſante Verſuche angeſtellt.

** Allerdings könnte der Fall eintreten, daß das Metall gegen beide Flüſſigkeiten poſitiv wird, nur in verſchiedenen Graden (wo es gegen beide negativ wird, kann unſtreitig keine Reduction erfolgen). Allein auch dann würde Fällung erfolgen können, indem das relativ poſitivere gewordene dann nothwendig ſtärker als das andere und als das in der Auflöſung befindliche Metall ſelbſt die negativen Beſtandtheile der Flüſſigkeit anziehen würde.

u. ſ. w. *, ja ſelbſt durch Metallſalze, wenn dieſe ein Oxyd auf einer unvollkommenen Oxydationsſtufe enthalten, wo es noch viel Sauerſtoff anzuziehen geneigt iſt, wohin namentlich Eiſenvitriol und ſalzſ. Zinnoxydul gehören. Alle dieſe Fällungen, über welche die Chemie nähere Auskunft giebt, laſſen ſich jedoch mit den vorbetrachteten nach gleichem Princip erklären.

Zuletzt mag noch bemerkt werden, daß diejenigen, welche ſich über die Umſtände, welche bei den Fällungen der einzelnen Metallſalze vorkommen, näher unterrichten wollen, hierüber die vollſtändigſte Belehrung in den S. 391 angeführten Abhandlungen Fiſcher's in Pogg. Ann. finden werden; der dieſen Gegenſtand in ſehr großer Ausführlichkeit unterſucht hat.

Fünfunddreißigſtes Capitel.

Elektrochemiſche Differenz der Oberflächen einiger Metalle.

Aus Verſuchen Jäger's, Fiſcher's und Berzelius ** hat ſich ergeben, daß, wenn auf Zink oder Eiſen feuchte reagirende Papiere gelegt werden, dieſelben an einigen Stellen eine alkaliſche, an andern Stellen eine ſaure Reaction zu erkennen geben; dagegen

---

* Fiſcher (Pogg. Ann. XII. 584) giebt folgende Data:

1) Phosphor reducirt Gold, Silber, Platin, Palladium, Osmium, Queckſilber und Kupfer. Bei allen iſt kein weſentlicher Unterſchied, in welcher Säure das Metall aufgelöſt iſt; beim Silber und Gold erfolgt ſogar die Reduction eben ſo gut aus den alkaliſchen Auflöſungen dieſer Metalloxyde oder der Metallſalze; ausgenommen beim Kupfer, welches, in Salzſäure aufgelöſt, aus dem Grunde nicht reducirt wird, weil es in ſalzſaures Kupferoxydul übergeht und aus der Auflöſung niederfällt.

2) Schwefel wirkt bei gewöhnlicher Temperatur gar nicht, bei erhöhter reducirt er das Gold. Der Schwefel erſcheint dann an einzelnen Stellen wie mit Goldadern durchzogen. Beim Silber erfolgt ebenfalls die Reduction nur bei erhöhter Temperatur, und der Schwefel überzieht ſich mit Schwefelſilber. Die übrigen Metalle werden nicht reducirt.

3) Kohle reducirt, wie ſchon aus Rumford's Verſuchen hervorgeht, bei gewöhnlicher Temperatur und ohne Einwirkung des Lichts nicht; bei erhöhter Wärme, und zwar ſelbſt noch unter dem Siedepuncte des Waſſers, erfolgt auch beim Ausſchluß des Lichts die Reduction des Goldes und Silbers. Das Erſtere überzieht die Kohle als eine glatte metalliſche Fläche; das Silber hingegen legt ſich an einzelnen Stellen in vollkommen metalliſch glänzenden Dendriten an.

4) Selen reducirt nur bei erhöhter Temperatur die Goldauflöſung. Das Gold überzieht vollkommen metalliſch das Selen, wodurch die fernere Reduction der Auflöſung verhindert wird. Silber, Platin und die übrigen Metalle werden nicht reducirt.

** Vergl. Jäger in Gilb. Ann. XI. 288. — Fiſcher in d. Denkſchr. der Bair. Akad. Bd. XXI. — Berzelius Gilb. XXVII. 316.

andere Metalle keine dergleichen Erſcheinungen zeigen, oder ſie nur unter beſondern Umſtänden darbieten *. In genauem Zuſammenhange hiemit ſtehen neuere Verſuche Wetzlar's, zufolge deren Kupferauflöſung, auf Eiſen gebracht, an einigen Stellen ſchnell reducirt wird, an andern nicht **.

Wir wollen zuvörderſt in einiges Detail über die Erſcheinungen ſelbſt eingehen, nachher ſehen, was ſich etwa zu ihrer Erklärung ſagen läßt.

Jägers Verſuche.

1) Wenn man ein mit Curcumädecoct mäßig dunkelgefärbtes, mit deſt. Waſſer genäßtes, Papier auf eine polirte Zinkplatte legt, gleichviel ob ſie iſolirt iſt oder nicht, ſo entſtehen bald orangerothe geſchlängelte Flecke auf dem Papier mit gelben Zwiſchenräumen. Die rothen Flecke haben genau dieſelbe Farbe, die eine ſchwache alkaliſche Auflöſung auf dem gelben Papier hervorbringt, am ſtärkſten ſind ſie, ſo lange das Papier noch feucht iſt, doch verſchwinden ſie beim Abtrocknen nicht mehr ganz, ſelbſt wenn das Papier einer beträchtlichen Hitze ausgeſetzt wird. Beim Abnehmen des Papiers von der Platte bemerkt man, daß die gerötheten Stellen des erſtern genau den nicht oxydirten blank gebliebenen, und oft mit etwas bunten Farben angelaufenen, Stellen der letztern entſprechen.

Die Umriſſe der gerötheten Flecke beſtehen meiſt aus gegen das Centrum jedes Fleckes convexen Linien, welche durch ihr Zuſammenſtoßen nach außen hervorſpringende Spitzen bilden, indeſſen die dazwiſchen liegenden gelb gebliebenen Flecke nach außen convexe Umrißlinien haben, die in einſpringenden Winkeln zuſammenſtoßen. Oft ſind unter den rothen auch weiße Flecke oder um ſie herum gehen weiße Ränder; dieſe Zerſtörung der Farbe findet aber nur am Ende der Operation und beſonders in Fällen Statt, wo ſie vorzüglich gut gelungen iſt.

2) Legt man auf eine polirte Zinkplatte ein mit Lackmus-Decoct mäßig dunkel gefärbtes, mit deſtillirtem Waſſer friſch getränktes, Papier, ſo entſtehen unter denſelben Umſtänden bald roſen- und bluthrothe Flecke auf dem Papier, deren Figur mit der der gelb bleibenden Stellen des Curcumäpapiers in 1. übereinkommt.

---

* In der That erfolgen ſolche Erſcheinungen nach Fiſcher nicht auf Platin, Gold, Silber, Kupfer, Zinn und Blei; auch nach meinen eignen Verſuchen nicht auf Antimon, Wismuth, dem Rose'ſchen Gemiſch, Legirungen aus Blei und Zinn, Blei und Wismuth. Dagegen erfolgen ſie ſehr wohl auf Legirungen von Zink und Blei in verſchiedenen Verhältniſſen. — Auf Kupfer nimmt das reagirende Papier nach Berzelius eine gleichförmige alkaliſche Färbung an. Auf Zinn gelingt es unter gewiſſen Umſtänden Farben reagirender Papiere hervorzubringen, wie nachher angeführt werden wird.

** Auch die Verſuche, wo durch Contact eines einzigen Metalls an Froſchſchenkeln Zuckungen erregt wurden, mögen zum Theil hieher gehören. Vergl. u. a. hierüber Schweigger über el. Nervenreizung in ſ. J. XI. 313.

Der blaue Grund, von dem ſie umfloſſen ſind, wird bei weitem reiner blau, als er vor dem Verſuch war. Die Röthung des Papiers iſt auf der dem Zink zugewandten Seite bei weitem am ſtärkſten, was beim Curcumäpapier in 1) wenigſtens nicht ſo auffallend bemerkt wird, und bleibt dauerhaft auch nach dem Trocknen und bei einer ſehr hohen Temperatur. Die gerötheten Flecke entſprechen ganz genau den oxydirten und angegriffenen Stellen des Zinkes, die blau gebliebenen Stellen hingegen liegen auf den blanken Theilen der Metallplatte.

3) Eben dieſelben Veränderungen entſtehen zugleich, wenn man auf eine Zinkplatte ein genetztes Lackmuspapier und über dieſes ein genetztes Curcumäpapier legt, und beide, um das Zuſammenfließen der Farben zu verhüten, durch ein dazwiſchen gelegtes genäßtes weißes Papier trennt: auch bei Zwiſchenlegung mehrerer weißen Papierſcheiben bleibt die correſpondirende und nur ſchwächer werdende Färbung noch ſichtbar.

4) Analoge Erſcheinungen entſtehen, wenn man mit Fernambuck-, Herbſtroſen-, Ritterſporn-, Rhabarber-Infuſum, oder mit Veilchenſyrup gefärbte Papiere anwendet.

5) Legt man ein in äußerſt verdünnter Salzſäure genäßtes Curcumäpapier auf Zink, ſo verändert es ſeine Farbe gar nicht, oder nur wenig. Ein durch verdünntes Kali blaßröthlich gefärbtes Curcumäpapier hingegen wird, auf Zink gelegt, hellgelb gefleckt, und die nicht gelb gewordenen Stellen ſind höher roth, als zuvor, und zum Theil weiß. Sehr blaß durch Salzſäure geröthetes Lackmuspapier wird blau gefleckt, und ſehr blaß durch Alkali gebläutes Fernambuckpapier bekommt rothe Flecke.

Die Salzſäure hebt alſo die Wirkung des bei dem Verſuche ſich bildenden oder frei werdenden Alkali's auf das Curcumäpapier auf, und umgekehrt hebt das ſich bildende Alkali die Wirkung der Salzſ. auf das Lackmuspapier auf.

6) Von allen den merkwürdigen Wirkungen, welche der Zink auf die gefärbten Papiere äußert, zeigt ſich auch nicht eine Spur, wenn man das Gold auf dieſelbe Art mit ihnen in Contact bringt. Weder Curcumä-, noch Lackmus-, noch Fernambuckpapier wird nur im Geringſten anders, als auf einer reinen Glasſcheibe afficirt, wenn man es, mit deſt. Waſſer angefeuchtet, auf iſolirtes oder mit der Erde verbundenes Gold legt.

7) Werden Zink und Gold auf irgend eine Art, doch ſo, daß keine geſchloſſene Kette zwiſchen ihnen Statt findet, combinirt, ſo wirkt Zink und Gold auf die reagirenden Papiere durchaus nicht anders, als jedes dieſer Metalle für ſich darauf gewirkt haben würde.

So bringt Gold, auf einer Zinkplatte liegend und mit naſſem Papier bedeckt in dieſem durchaus keine Veränderung hervor, Zink auf Gold liegend blos eine eben ſolche, als auch ohnedem. Eben ſo wirken Zink und Gold mit einander in Berührung ſtehend und

beide mit nicht zusammenhängenden nassen Papieren einzeln bedeckt, nicht anders, als jedes einzeln für sich gewirkt haben würde. — Auch wenn man zwischen ein Zink- und ein Goldstück übereinander liegende Scheiben von Lackmus- und Curcumäpapier mit dazwischen liegender weißer Papierscheibe bringt, zeigen sich selten andre Erscheinungen, als der Zink für sich giebt. Doch scheint das Gold zuweilen vorübergehend in dieser Combination eine schwache alkalische Wirkung zu äußern, ohne daß indeß Jäger die Bedingungen auszumitteln vermochte, unter welchen dieses gelingt. Auch wenn man Zink und Gold abgesondert von einander auf Glas legt, und beide mit zusammenhängenden nassen Papieren belegt, bemerkt man manchmal auf dem Golde eine schnell vorübergehende starke alkalische Färbung, manchmal auch nicht.

8) Verbindet man Zink und Gold mittelst reagirender Papiere so mit einander, daß sie eine geschlossene Kette bilden, so zeigt sich an dem Golde, ganz wie zu erwarten, (weil hier die Wirkung eines galvanischen Kreises vorhanden) eine alkalische, an dem Zink eine saure Reaction, wie aus folgenden Versuchen erhellt.

Liegt auf der Zinkplatte eine Scheibe Lackmuspapier, darüber eine von weißem und zu oberst eine von Curcumäpapier, und über dieser eine Goldmünze so, daß der Rand derselben unmittelbar die Zinkplatte berührt: oder verbindet man sie mit dieser durch einen Streifen geplätteten Bleies: so entsteht auf dem Curcumäpapier schnell ein hochrother Rand um das Goldstück herum, und die ganze Fläche desselben unter dem Goldstücke wird erst hochroth, dann weiß und völlig farbenlos. Zugleich entsteht auf dem Lackmuspapier ein rother, dem Goldstück entsprechender, Discus. — Legt man umgekehrt das Curcumäpapier auf den Zink, und das Lackmuspapier unter das Gold, so wird ersteres beinahe gar nicht, wenigstens nicht in der Mitte gefärbt, und letzteres bekommt einen weißlichblauen Discus und höchstens an den Ecken einige rothe Flecken. Legt man oben und unten Fernambuckpapier, so wird das obere blau und endlich weiß und das untere höher roth als zuvor. Die Fläche des Zinks wird bei diesen Versuchen ohne Schlangenfiguren, zusammenhängend und gleichförmiger oxydirt. — Am deutlichsten zeigen sich diese Erscheinungen, wenn man zwischen die gefärbten Papiere mehrere Blätter weißen Papiers einschiebt, indem dadurch die Wirkungen, welche der Zink für sich hervorbringt, in den obern Papieren unsichtbar, und so von denen, die der Mitwirkung des Goldes zuzuschreiben sind, getrennt werden.

Die hier unter 8) erwähnten Erscheinungen unterscheiden sich von denen, welche bei bloßer Anwendung von Zink Statt finden, auffallend darin a) daß die Färbungen bei weitem schneller vor sich gehen; b) daß auf der Zinkfläche die alkalische Färbung beinahe völlig wegfällt, die saure hingegen eine zusammenhängende Fläche bildet; wogegen auf bloßem Zink beide Farben in den verschiedenen

Papierſchichten fleckweiſe neben einander erſcheinen und die Zeichnungen jeder Art auf dem oberſten Papier mit denen auf dem unterſten genau coincidiren; jedoch daß die auf dieſe Art abgeſonderte alkaliſche Färbung auf weit größere Entfernungen von der Zinkfläche noch ſichtbar gemacht werden kann, als bei bloßem, nicht mit Gold verbundenen Zink. Letzteres wies Jäger noch durch einen beſondern Verſuch nach, wo er durch einen 6 Zoll hohen zuſammengerollten, mit deſt. Waſſer befeuchteten, Pappcylinder den Kreis zwiſchen dem mit reagirenden Papieren belegten Gold und Zink ſchloß.

9) Wenn man ausgekochtes deſt. Waſſer in einem mit Queckſilber geſperrten Gefäße lange Zeit mit einer darin aufgehängten Zinkſtange in Berührung läßt, ſo erhält dieſes Waſſer die Eigenſchaft, mit dem darein getröpfelten Herbſtroſenaufguß eine grünliche Farbe darzuſtellen. Eben dieſe Wirkung äußert auch gemeines Waſſer, das lange Zeit in einem offenen Glaſe über Zink geſtanden hat *.

Dies ſind die hauptſächlichſten der von Jäger angeſtellten Verſuche. Ich ſelbſt habe dieſelben mit mehrern Abänderungen wiederholt, und will hier einige in Bezug darauf ſtehende Reſultate anführen.

Weit deutlicher, als mittelſt gefärbter Papiere, läßt ſich die Entwickelung des Phänomens verfolgen, wenn man unmittelbar eine Schicht (wäßrige) Lackmustinctur auf eine Zink- oder Eiſenplatte ausbreitet. Man ſieht in dieſem Falle an discreten Stellen des Zinks oder Eiſens ſehr kleine, nicht ſowohl rothe, als dunkelſchwarze Puncte ſich entwickeln, jeden dieſer Puncte aber allmälig ſich auf dem Zink mit einem rothen, auf dem Eiſen mit einem braungelben **, an Umfang immer mehr bis zu gewiſſem Grade zunehmenden, Höfe umgeben, doch ſo, daß das ſchwarze Centrum deutlich geſchieden bleibt von ſeinem hellern Hofe. Bei iſolirt von einander ſtehenden Centris behalten die Höfe eine kreisförmige Geſtalt; ſtehen ſich jedoch die Centra, wie an den meiſten Stellen, näher, ſo fließen ihre Höfe zuſammen und bilden ſo ähnliche unregelmäßige Figuren, als man auch auf dem Lackmuspapier wahrnimmt. Die Färbung der Mittelpuncte und ihrer Höfe haftet an der Zinkplatte ſelbſt und läßt man die Lackmustinctur darauf eintrocknen, ſo zeigt ſich an dieſen Stellen das Zink oxydirt und aller Farbenſtoff darauf niedergeſchlagen, ſo daß die zwiſchenbefindlichen Stellen vollkommen blank, frei ſowohl von Oxyd, als Farbe, erſcheinen ***.

---

* Dieſe alkaliſche Reaction, die das Waſſer durch längere Berührung mit Zink annimmt, hat Jäger noch durch mehrfache andere Verſuche beſtätigt.

** Auch die Flecken des Lackmuspapiers ſind auf dem Eiſen nicht roth, ſondern braungelb.

*** Breitet man eine Schicht wäßrigen Curcumäauszugs über Zink aus, ſo ſieht man öfters dieſelbe ſich blos an ihrem äußerſten Rande etwas Weniges röthen, ohne eine bemerkliche Erſcheinung in der Mitte; in der Regel aber eben-

Da Zink und Eisen, die einzigen Metalle, auf denen man bis jetzt das Entstehen der angegebenen Reactionen deutlich bemerkt hat, gerade solche Metalle sind, welche im käuflichen Zustande vorzugsweise mit Kohlenstoff und andern Metallen verunreinigt sind, so lag die Vermuthung sehr nahe, daß in ihnen durch das Nebeneinandersevn heterogener Substanzen die Bedingung galvanischer Ketten erfüllt sey, vermöge deren die in den Pflanzenpigmenten vorhandenen Salze zersetzt würden, so daß ihre Säure nach den positiven, ihr Alkali nach den negativen Stellen hingeführt, dort die ihnen eigenthümlichen Reactionen äußerten. Außer den hierauf hindeutenden Versuchen Jäger's mit Ketten aus Gold und Zink ließ sich u. a. auch noch folgende Erfahrung dafür anführen. Wenn eine Zinnplatte auf eine Platte von Gold, Silber oder Platin so gelegt ward, daß sie einander nur zum Theil deckten, darauf über beide gemeinschaftlich ein Blatt feuchtes Lackmuspapier ausgebreitet, so daß es wohl in ihre Fuge einschloß, so entwickelten sich stets in dieser Fuge rothe oder gelbrothe, öfters allmälig zusammenlaufende, Flecke, ungeachtet weder Zinn noch die edlern Metalle für sich diese Reaction auf Papier, das mit reiner Lackmustinktur befeuchtet ist, hervorzubringen vermögen, so wie auch in jenem Falle die Röthung blos in der Gegend entsteht, wo das Papier die Berührungslinie beider deckt. Ebenso, wenn man Zink auf dieselbe Weise mit einem edlen Metalle combinirt, röthet sich constant die ganze Fuge zwischen beiden, abgesehen von den, wie gewöhnlich auf der übrigen Oberfläche des Zinks erscheinenden Flecken. Doch muß ich bemerken, daß dieser Versuch weder, wenn ich Zinn mit Kupfer, noch wenn ich Blei oder Kupfer mit edlen Metallen combinirte, gelang.

Man kann sich in der That, wenn man das Phänomen auf die S. 426 beschriebene Weise sich entwickeln läßt, sich beim Anblick der zuerst erscheinenden iselirten schwarzen Stippchen nicht des Gedankens an einen eingestreuten Stoff, der diesen Stellen entspreche, erwehren, und erkennt leicht, daß diese Art Heterogeneität der Oberfläche nichts gemein hat mit der Art, welche von einem unregelmäßigen krystallinischen Gefüge der Metalle abhängt und namentlich durch Behandlung mit Säuren bemerkbar wird *. Es ist nicht wahrscheinlich, daß dieser eingestreute Stoff metallischer Natur sey, da er

---

falls hier das Phänomen von Mittelpuncten mit Höfen sich entwickeln, die jedoch hier ohne Vergleich vereinzelter und seltner stehen, als in der Lackmustinctur, auch langsamer zum Vorschein kommen. Die Mittelpuncte haben ein braungelbes welliges Ansehen, wie kleine Schimmelpuncte, unstreitig von niedergeschlagenem Farbestoffe, und sind von einem runden hellgelben Hofe umgeben, in dessen Umkreise sich die Flüssigkeit röthet. Bei geistiger Curcumätinctur habe ich letztre Erscheinungen fast nie, sondern blos eine deutliche Röthung im Umkreise der ganzen Schicht beobachtet.

* Auch würden dann sonst Wismuth und Antimon die beschriebenen Erscheinungen deutlicher als Zink und Eisen zeigen, dagegen sie hier gar nicht bemerkt werden.

ſonſt unſtreitig eine gleichförmigere Verbreitung angenommen haben würde; auch habe ich mich direct an Zink, der friſch aus Goslarſchem Zink deſtillirt war, überzeugt, daß die Erſcheinung ebenfalls darauf erfolge. Am wahrſcheinlichſten möchte ich es daher halten, daß es eingeſtreuter Kohlenſtoff iſt, welcher die angegebenen Erſcheinungen bedingt, da in der That Zink und Eiſen ſolchen vorzugsweis enthalten, und da ſeine große Elektronegativität der Erklärung ſehr günſtig iſt *.

Einige andere Beobachtungen über dieſe Erſcheinungen wird man in der Anmerkung beigefügt finden **.

Es ließ ſich nach einigen neuern Erfahrungen die Vermuthung aufſtellen, die Reactionen des Zinks und Eiſens rührten daher, daß ſie auf eine eigenthümliche Weiſe die Elemente des Waſſers und der Luft zur Bildung von Ammoniack und Salpeterſäure diſponirten. Indeß, wenn auch ein Verſuch, zufolge deſſen eine mit feuchtem Lackmuspapier belegte und ſofort unter Queckſilber getauchte, Eiſenplatte hierin ihre Reactionen wie gewöhnlich äußerte, nichts dagegen beweiſen ſollte, weil mit dem Papier ſelbſt Luft und Waſſer genug unter das Queckſilber geführt werden möchte, ſo wird doch dieſe Vermuthung einfach dadurch widerlegt, daß die elektriſchen Reactionen nicht durch Erhitzung verſchwinden, welche ſchon früher gemachte Erfahrung ich beſtätigt gefunden habe.

---

* In der That blieb auch bei Auflöſung jenes deſtillirten Zinks in Salzſäure noch ein ſchwarzes Pulver zurück, ſo daß ſonach Kohlentheilchen bei der Deſtillation mit übergeriſſen werden müſſen. — Ich muß bei alledem bemerken, daß ich vergebens verſucht habe, durch Einrühren von Kohlenpulver in ſchmelzendes Zinn oder Blei eine Miſchung hervorzubringen, welche dieſelben Erſcheinungen dargeboten hätte, als Zink.

Ich glaube öfters die Entwickelung der rothen Flecke in der Lackmustinktur auf dem Zink nun ſchon vorher bei genauer Aufmerkſamkeit oder unter der Lupe ſehr feinen ſchwarzen Puncten der Oberfläche bemerkt zu haben. Doch möchte ich bei der Leichtigkeit der Täuſchung dies nicht eher ſicher behaupten, als bis Andere dieſe Beobachtung beſtätigt finden.

** Ich beobachtete conſtant, wenn ich Papier, mit Lackmustinktur getränkt, die mit Kochſalz geſättigt war, auf Zinn applicirte, daß darauf einzelne rothgraue Flecken entſtanden, doch viel langſamer und vereinzelter, als auf Zink, Flecken, welche nicht entſtanden, wenn reine Lackmustinktur angewandt wurde. Auf Blei konnte ich unter gleichen Umſtänden keine ſolchen Flecke erhalten; Spuren davon ſchienen ſich einigemale auf Kupfer zu zeigen. Auf Zink hingegen entwickelten ſich unter dieſen Umſtänden die rothen Flecke viel langſamer und minder intenſiv, als wenn das Papier mit reiner Lackmustinktur befeuchtet war, erhielten aber eine bei Weitem beträchtlichere Ausdehnung. Wurde Lackmustinktur, mit Kochſalz verſetzt, auf das Zink gegoſſen, ſo entſtand auch in ſehr langer Zeit keine Spur von rothen Flecken darauf, die ſich doch bei reiner Lackmustinktur ſehr bald entwickelten. Auf Eiſen entſtanden zwar in dieſem Fall die gewöhnlichen Flecken, aber nicht in der Mitte, ſondern nur vom Umfang herein. Wurde durch etwas Säure geröthete Lackmustinktur auf Zink gegoſſen, ſo entſtand Anfangs keine Reaction in der Mitte (wiewohl ſich ſolche auch hier bald entwickelt, wenn man die geröthete Tinktur in Papier applicirt), ſondern die Schicht fing an, ſich am ganzen Umfange zu bläuen, welche Bläuung nur allmälig bis zur Mitte fortſchritt u. ſ. w.

Wetzlar's Verſuche.

Ich gehe jetzt zu den intereſſanten Verſuchen Wetzlar's* über, welche zeigen, daß das Eiſen auch in Hinſicht metalliſcher Fällung nicht über ſeine ganze Oberfläche gleich wirkt, ſondern daß manche Stellen ſehr ſchnell Reduction bewirken, andere ſehr langſam oder faſt unwirkſam ſcheinen. Wahrſcheinlich beruhen dieſe Umſtände mit den vorigen auf gleichen Urſachen.

Er nahm zu ſeinen Verſuchen vierkantige Eiſenſtäbchen von 1 bis 1½ Zoll Länge, ¼ bis ½ Zoll Breite und einigen Linien Dicke, welche vor jedem Verſuche durch ſorgfältiges Ueberfeilen blank gemacht wurden.

Bringt man auf die Oberfläche eines ſolchen blanken Eiſenſtäbchens einige Reihen einzelner Tropfen einer mäßig conc. Auflöſung von ſalpeterſ. Kupfer**, ſo wird man gewahr werden, daß das Verhalten der einzelnen Tropfen ein durchaus verſchiedenes iſt. Einige zerſetzen ſich, ſo wie ſie das Eiſen berühren und überkupfern es; andere erſt nach einer oder mehreren Minuten; andere nach einer oder etlichen Stunden; einige wenige ſind noch nach vielen Tagen unzerſetzt. — (Warum dieſe letzteren in einer ſo langen Zeit nicht kryſtalliſiren, iſt leicht einzuſehen, da das ſalpeterſ. Kupferoxyd ein zerfließliches Salz iſt.)

Bringt man auf mehrere Stäbchen zugleich Tropfen, ſo findet man, daß, während z. B. auf einem faſt alle Tropfen innerhalb einer Stunde zerſetzt werden, auf einem andern die meiſten ſehr lange unverändert bleiben.

Dieſes verſchiedene Verhalten der einzelnen Tropfen hängt jedoch nicht von einer ſichtbar verſchiedenen Beſchaffenheit der Oberfläche des Eiſens ab. Ein polirtes, faſt ſpiegelglattes, Stäbchen zeigte faſt keine einzige Stelle, die von einem auf dieſelbe geſetzten Tropfen nicht bald überkupfert worden wäre, während auf andern, die eine rauhe Oberfläche beſaßen, faſt alle Tropfen ſehr lange unzerſetzt blieben. Manchmal war es gerade eine riſſige Stelle, auf welcher ein Tropfen keine Veränderung erlitt.

Merkte ſich Wetzlar genau die Stellen, welche nicht überkupfert wurden und überfeilte das Eiſen von Neuem, ſo zeigten gerade dieſelben Stellen nun mitunter eine reducirende Kraft.

Vereinigt man mehrere, nahe beiſammen ſtehende, unzerſetzte Tropfen zu einem einzigen größern, ſo bleibt auch dieſer unverändert; zieht man aber nun mit einem Glasſtäbchen eine Linie zu ihm hin von einer in der Nähe befindlichen ſich überkupfernden Stelle,

---

* Schweigg. J. XLIX. 476; L. 88.

** Aehnlich als dieſe Auflöſung verhält ſich die Auflöſung von kleesaurem Kupferoxydammoniak; doch findet dabei noch eine beſondere Eigenthümlichkeit Statt, vergl. Schweigg. J. L. 93. Auch erfährt dieſe Auflöſung auf manchen Eiſenſtäbchen nirgends Reduction.

so verbreitet sich augenblicklich die Reduction von dieser über die ganze von dem vereinigten Tropfen bedeckte Eisenoberfläche.

Es läßt sich in obigem Versuche selbst eine Differenz in der Intensität und Stärke der positiven oder reducirenden Stellen nachweisen. Bei einiger Aufmerksamkeit auf den Hergang der Reduction in den einzelnen Tropfen wird man nämlich finden, daß, wenn sie auch gleichzeitig in einigen beginnt, sie dennoch in ungleichen Zeiten vollendet wird. Ist in diesem z. B. die blaue Farbe in einigen Augenblicken verschwunden und der Tropfen in salpeters. Eisenoxydul umgewandelt, so dauert diese Veränderung bei dem andern eine weit längere Zeit; bei dem ersteren fällt das Kupfer schnell und zwar dunkelfarbig oder braun nieder, bei dem andern überzieht sich die Oberfläche des Eisens nur sehr langsam mit einer rothen Kupferhaut, bei jenem steigen während der Zersetzung viele Gasbläschen in dem Tropfen auf, bei diesem ist die Entbindung des Gases viel seltener und sparsamer. In letzterem Falle ist offenbar die reducirende Kraft der positiven Stelle von geringerer Intensität, das Kupfer fällt daher langsam und rein, also mit seiner ihm zukommenden rothen Farbe nieder; es wird aus demselben Grunde weniger Gas (welcher Beschaffenheit?) entwickelt. Im erstern Falle hingegen findet das Gegentheil Statt; die Zersetzung geht rasch vor sich, die positive Stelle vermag nach Wetzlar's Meinung nicht nur die Kupferlösung, sondern selbst einen kleinen Theil des, mit Beginn der Reduction entstehenden, salpeters. Eisenoxyduls zu zersetzen, wo nun die gefällten Eisentheilchen sich sogleich mit dem Kupfer legiren und dem Niederschlage eine dunklere Farbe ertheilen sollen.

Wohl zu bemerken ist übrigens, daß die beschriebene Differenz der Eisenoberfläche in Reduction des Kupfers nur bei gewöhnlicher Temperatur Statt findet. Erhöht man diese ein wenig, so werden die aufgetröpften Tropfen überall auf dem Stäbchen zersetzt.

Auch wenn die zu obigen Versuchen angewandte salpetersaure Kupferauflösung mit 2 bis 3 Theilen Wasser verdünnt, und von dieser verdünnten Auflösung auf das Eisenstäbchen getropft wurde, kam ebenfalls fast überall eine auf der Stelle eintretende und rasch fortschreitende Zersetzung zu Stande, was davon abhängen mag, daß wahrscheinlich die salpeters. Kupferauflösung durch Vermischung mit Wasser in ihrer Elektronegativität verstärkt wird, so daß das Eisen mit der verdünnten Lösung mehr positiv wird, als mit der concentrirteren.

Eisenstäbchen, die man unter letztere legt, werden sehr schnell allenthalben mit Kupfer überzogen. Und dies folgt auch aus dem oben angegebenen Verhalten, zufolge dessen bei Continuität der Flüssigkeit zwischen positiven und negativen Stellen des Metalls doch Reduction auf allen erfolgt.

Legt man aber in verschiedene Gläser unter die Auflösung von etwas säuerlich reagirendem kleesaurem Kupferoxyd-Ammoniak Eisenstäb-

chen, ſo werden einige ſchnell und ſehr ſchön überkupfert, während andere unverändert bleiben, ſolche nämlich, auf deren Oberfläche auch durch einzelne Tropfen nirgends Reduction wahrnehmbar war. Bei einer Erhöhung der Temperatur wurde aber auch dieſe überkupfert.

Stahl wird unter ſalpeterſ. Kupferauflöſung überhaupt nicht überkupfert.

Wetzlar erinnert bei dieſer Gelegenheit noch an eine andere Erſcheinung, welche die elektrochemiſche Differenz des Eiſens von einer andern Seite beweiſt. Das blankſte Eiſen roſtet an feuchter Luft nur an einigen Stellen, während die übrigen lange ihren Glanz behalten. Legt man ein ſolches Stäbchen unter Waſſer, ſo ſieht man es anfänglich nur hie und da anlaufen, und iſt auch nach Verlauf einer gewiſſen Zeit, z. B. nach 24 Stunden, ſeine ganze Oberfläche mit gelbem Oxydhydrate bedeckt, ſo wird man dennoch, ſobald man es abſtreicht, leicht wahrnehmen können, daß nur einige Puncte rauh und angegriffen erſcheinen, und daß das Oxyd auf vielen blank gebliebenen nur loſe aufliegt.

Auch bei Zink, das man unter Waſſer legt, ſieht man, wie ich aufs Deutlichſte auf friſch gefeilten, unter deſt. Waſſer aufbewahrten, Platten beobachtet habe, die Oxydation ſich Anfangs nur ſtellenweis, meiſt in runden dunklen, von einem hellen Rande umgebenen, Flecken ſich ausbilden.

Wetzlar hat auch mit eſſigſaurer Kupferlöſung mehrere intereſſante Verſuche angeſtellt, über die ich auf ſeine Originalabhandlung (Schweigg. L. 68) verweiſe.

Sechsunddreißigſtes Capitel *.

Elektrochemiſche Bewegungen von Flüſſigkeiten **.

Wenn auch Gerboin und v. Hellwig diejenigen geweſen zu ſeyn ſcheinen, die zuerſt einige einzelne der in dieſem Capitel zu be-

---

* Zur Literatur zu dieſem Capitel vergl. Erman in Gilb. Ann. XI. 340; XXXII. 261. — Herſchel in Schweigg. J. XLIV. 177; XLVIII. 246. — Pfaff ebend. XLVIII. 190. — Schweigger ebend. XLIV. 214; XLVIII. 249; LII. 324; LIV. 65. — Nobili in Schweigg. LIV. 40. — Runge und Poggendorff in Pogg. Ann. VIII. 106; XV. 95. — Bellani in Giorn. di Fis. Chim. etc. 1829. 294. — Prandi ſcheint eine eigene Schrift (Boulogne, 1826. Cardinelli und Zulli) über dieſe Bewegungen herausgegeben zu haben, die mir aber nicht zu Geſicht gekommen iſt.

** Ich habe dieſe Erſcheinungen, ungeachtet ſie bis jetzt mehr ein Gegenſtand der Curioſität, als von anerkanntem wiſſenſchaftlichen Intereſſe ſind, deshalb hier mit einiger Vollſtändigkeit zuſammengeſtellt, um den, der ſich damit bekannt zu machen wünſcht, der nicht kleinen Mühe zu überheben, die weitläuftigen und in

trachtenden Phänomene wahrnahmen, ſo gebührt doch Erman* das Verdienſt, unabhängig hievon dieſelbe zuerſt ins Detail verfolgt zu haben, was nach ihm auch von Herſchel, Pfaff, Schweigger u. a. geſchehen iſt**.

Dieſe Erſcheinungen, die zum Theil höchſt merkwürdiger Natur ſind, ſind noch keineswegs hinlänglich ihrem Weſen nach erkannt, auch werden wir uns meiſt mit blos thatſächlicher Darſtellung derſelben begnügen müſſen. Von manchen werden ſie für elektrodynamiſcher Natur gehalten, d. h. unter die Claſſe von Erſcheinungen gebracht, wo Leiter, die vom Strom durchlaufen werden, ſich je nach der Richtung der Strömung anziehen oder abſtoßen (vergl. S. 87).

Vieles ſcheint in der That dafür zu ſprechen, daß dieſe Wirkungen hiebei ins Spiel kommen; allein einerſeits hat noch keine allgemein genügende Zurückführung derſelben darauf Statt gefunden, andrerſeits werden dieſe Erſcheinungen jedenfalls durch chemiſche Vorgänge, die dabei Statt finden, complicirt.

Die allgemeinen Bedingungen, unter welchen ſich die zu erörternden Bewegungen zeigen, ſind folgende:

Reines Queckſilber*** in paſſenden Gefäßen (Uhrgläſern, Schalen von Porzellan ꝛc.) wird mit einer ſauren, alkaliſchen oder ſalzigen Flüſſigkeit übergoſſen, darauf die Drähte einer (am beſten großplattigen) Säule hiemit auf eine der folgenden Arten in Beziehung geſetzt. Entweder man taucht beide Drähte blos in die Flüſſigkeit, ohne daß ſie mit dem Queckſilber ſelbſt in Berührung kommen†, wo dann begreiflich das Queckſilber als Zwiſchenplatte

---

vielen Stücken ſich widerſprechenden Originalabhandlungen in dieſer Hinſicht zu vergleichen, auf die ich jedoch, wo nähere Belehrung oder Autorität nöthig iſt, überall verwieſen habe.

* Ich übergehe in Folgendem ſeine Verſuche mit der Adhäſionsplatte, da ſie die Erſcheinung unter einer zu verwickelten Form darſtellen.

** Pfaff bediente ſich zu den meiſten ſeiner Verſuche keiner ſtärkern Säule, als von 24 Plattenpaaren Kupfer und Zink, die nur 2 par. Zoll Durchmeſſer hatten und mit Kochſalzlauge getränkter Pappſcheiben, und ſie reicht nach ihm auch vollkommen hin, um die meiſten der Erfolge augenſcheinlich darzuſtellen; blos einige, die mit ſchwächern Säulen unbeſtimmt ausfallen, treten nach ihm bei ſtärkern Säulen (bis 120 Plattenpaaren mit Salmiakauflöſ.) deutlicher hervor; die meiſten laſſen ſich ſchon mit ſehr kleinen Säulen, z. B. von 10 halbzölligen Platten beobachten. Nach Schweigger iſt es jedoch vortheilhafter, um conſtante Wirkungen zu erhalten, ſich großplattiger Apparate zu bedienen. (Vgl. Schweigg. J. XLVIII. 200. 330.)

*** Die Reinheit des Queckſilbers iſt eine weſentliche Bedingung, wenn man nicht ſtatt der nachfolgenden Reſultate anomale Erſcheinungen erhalten will. Uebrigens hat Herſchel ähnliche Bewegungen als am Queckſilber, auch in dem leichtflüſſigen Gemiſch von Blei, Zinn und Wismuth unter einer, mit Phosphorſäure angeſäuerten, kochenden Auflöſung von Kupfer erhalten.

† Dies kann wieder auf mehrfache, von den Beobachtern in der That verſchiedentlich angewandte, Weiſe geſchehen, wovon die gewöhnlichſte die iſt, daß man die Drähte zwei diametral entgegengeſetzten Stellen der Queckſilbermaſſe

wirkt, die demgemäß ihre beiden Pole erhalten muß, oder man ſetzt das Queckſilber mit dem einen Draht in Verbindung, den man durch die Flüſſigkeit bis in daſſelbe hineinreichen läßt, während der andere blos bis in die Flüſſigkeit taucht, wo das Queckſilber als Verlängerung des Pols wirkt, mit dem es in Verbindung geſetzt wird; oder endlich, man läßt beide Drähte bis in das Queckſilber reichen, wo das Queckſilber gar keinen Pol hat, indem ſich die El. frei hindurch zwiſchen beiden Drähten fortpflanzt.

Unſtreitig wird jeder mit Leichtigkeit Anordnungen erſinnen können, wie ſich dieſe verſchiedenen Verbindungen, durch die in den Erſcheinungen weſentliche Abänderungen hervorgebracht werden, ins Werk ſtellen laſſen. Jedenfalls aber eignet ſich ſehr bequem dazu folgender Apparat von Schweigger (Fig. 55).

ABCD iſt ein mit Stellſchrauben verſehenes Bret. An demſelben ſind Leiſten befeſtigt, um, da mit Queckſilber darauf experimentirt wird, ein etwaiges Ablaufen deſſelben zu verhüten. EF und GH ſtellen zwei Glasſtäbe vor. An jedem derſelben läßt ſich eine kleine, durch eine Stellſchraube zu befeſtigende, Meſſingröhre K und L auf- und abſchieben. Horizontal an dieſer Meſſingröhre iſt eine zweite kleine Meſſingröhre befeſtigt, worin ſich ein Stab von Meſſing oder Kupfer (mn und op) hin- und herſchieben und gleichfalls mit einer Stellſchraube befeſtigen läßt. Dieſer Kupferſtab iſt vorn aufgeſchnitten, ſo daß er eine federnde Kluppe bildet, welche durch eine Schraube (i und v) angezogen werden kann. In dieſen Kluppen ſind die Platindrähte r und q befeſtigt, und in denſelben Kluppen können die Polardrähte unmittelbar an r und q angepreßt werden, damit ſie in innigſter Berührung damit ſeyen. Unter die Polardrähte wird dann das Gefäß angebracht, welches das Queckſilber und die leitende Flüſſigkeit enthält, wie die Figur zeigt. Bequemerweiſe kann man ſich eines Uhrglaſes bedienen, welches auf den Ring eines chemiſchen Stativs gelegt wird.

Ich wende mich jetzt zuvörderſt zu Betrachtung des Falles, wo das Queckſilber mit dem negativen Drahte in Berührung gebracht wird, während der poſitive dem Queckſilber blos gegenüber in die Flüſſigkeit eintaucht, ein Fall, der ungefähr durch Fig. 56 erläutert wird, worin der äußere Kreis den Rand des Gefäßes (Uhrglaſes), der innere den Umriß der Queckſilbermaſſe und die ellipſenartigen Linien darauf die Strömungen in der über dem Queckſilber befindlichen Flüſſigkeit andeuten.

---

gegenüber einſenkt, ſo daß ſich dieſes gerade zwiſchen den Drähten befindet, oder ſo, daß man die Drähte beide über dem Queckſilber einſenkt, doch ſo, daß ſie nicht bis in daſſelbe hinabreichen. Die Form der Bewegungen wird durch dieſe verſchiedenen Arten modificirt; da ihre weſentliche Beſchaffenheit jedoch dabei unſtreitig dieſelbe bleibt, ſo erörtern wir eben jene Verſchiedenheit nicht ausführlich.

Geſetzt, die Flüſſigkeit ſey eine Auflöſung von Kali oder kohlenſaurem Kali *, ſo tritt in dem Augenblick, wo der Kreis auf die oben genannte Weiſe geſchloſſen wird, eine auffallende Abplattung, eine Ausbreitung des Queckſilbers ein, deſſen Durchmeſſer bei ſtärkern Säulen ſich faſt um ½ vergrößert, und deſſen Höhe in demſelben Verhältniſſe abnimmt; und mit dieſer Abplattung, wobei das Queckſilber ſeinen Glanz unverändert behält, der, wenn er etwas getrübt war, vielmehr nun wieder hergeſtellt wird, tritt zugleich ein lebhafter Strom in der Flüſſigkeit von dem poſitiven nach dem negativen oder dem im Queckſilber befindlichen Draht (poſitiver Strom, wie wir ihn in der Folge nennen wollen) ein **, der in gerader Richtung über das Queckſilber weggeht und auf beiden Seiten in einer gekrümmten Richtung, der Krümmung des Uhrglaſes gemäß, zurückkehrt und in gewiſſer Hinſicht einen doppelten Strudel darſtellt. Dieſe Applattung war in einzelnen Fällen, beſonders bei Anwendung ſtärkerer Säulen, mit einer Art von Wälzung oder Rotation der Queckſilberhalbkugel wie um einen Mittelpunct verbunden, wobei der Rand des Queckſilbers gleichſam undulirte und ſich faltete (Pfaff)***. Wird der Draht wie-

---

* In Ammoniackflüſſigkeit, Baryt- und Strontianwaſſer, und den alkaliſchen Salzauflöſungen z. B. von Glauberſalz, Salpeter, ſalzſ. Kali, Kochſalz, Salmiack, ſalzſ. Kalk, verhalten ſich die Erſcheinungen im Allgemeinen wie in den hier beſchriebenen Fällen, mit einigen, anmerkungsweiſe beizufügenden, Modificationen; dagegen in Säuren ein in vieler Hinſicht entgegengeſetztes, nachher beſonders zu betrachtendes, Verhalten des Queckſilbers beobachtet wird. Waſſer verhält ſich im Weſentlichen wie alkaliſche Laugen, nur viel ſchwächer.

** In Salmiackflüſſigkeit iſt hiemit eine unruhige wellenförmig retirende Bewegung des Queckſilbers, ſo lange daſſelbe vom negativen Drahte berührt wird, verbunden. — In einer Auflöſung des ſalzſ. Kalks tritt durch die Berührung des Queckſilbers mit dem negativen Drahte keine Strömung ein (Pfaff).

*** Vergl. hiemit Erman in Gilb. XXXII. 283. — Herſchel in Schweigg. XLIV. 191. — Schweigger in Schweigg. J. XLVIII. 325. — Die Strömungen ſcheinen, wo ſie über dem Queckſilber beobachtet werden, blos von Bewegung des Queckſilbers ſelbſt abzuhängen, ſo daß die Theilchen der überliegenden Flüſſigkeit nur mit fortgeriſſen werden, wie dies in der That die Meinung Herſchel's und Nobili's (Schweigg. J. XLIV. 179; LIV. 47. 52) iſt (vergl. auch Erman, in Gilb. XXXII. 280). Pfaff und Schweigger (Schweigg. J. XLVIII. 244; LIV. 68) ſind zwar der entgegengeſetzten Meinung, doch fügen ſie ſich hiebei hauptſächlich nur auf Strömungen, die ſie unter gewiſſen Umſtänden auch neben dem Queckſilber in der Flüſſigkeit deutlich wahrnahmen (Schweigg. J. LIV. 66). Auch giebt Pfaff ſelbſt an, daß die Strömungen in der Flüſſigkeit über dem Queckſilber nicht erfolgen, wenn ſich das Queckſilber einige Linien tief unter ſeiner Fläche befindet. Ich ſelbſt möchte folgende Anſicht für die wahrſcheinlichſte halten. Unſtreitig gerathen nur die Theile in ſelbſtſtändige Strömung, die vom el. Strom durchlaufen werden. Da nun dieſer ſtets den beſſern Leitern folgt, ſo möchte wohl die Flüſſigkeit über dem Queckſilber nur in ſehr ſchwachem Grade davon durchlaufen werden, mithin hier in der That die Drehung vom Queckſilber abhängen; dagegen im Zwiſchenraum zwiſchen Polardraht und Queckſilber und dem Umkreis des Queckſilbers, welcher dem Polardraht zunächſt liegt, nothwendig der el. Strom die Flüſſigkeit durchlaufen muß, daher hier in

der aus dem Queckſilber herausgezogen, aber in der Lauge gelaſſen, ſo dauert dieſer Strom noch fort, nimmt ſogar an Schnelligkeit zu, und wird nun beſonders durch die Gasblaſen, die ſich am negativen Drahte reichlich entwickeln und in den Strom hineingezogen werden, auffallender. Doch hört dieſer Strom nach einiger Zeit wieder gänzlich auf, wobei ſich in dem Augenblicke des Aufhörens das Queckſilber etwas zuſammenzieht. Und wenn man nun die Drähte aus der Lauge herauszieht und von Neuem den Kreis in derſelben ſchließt, ſo ſtellt ſich der Strom nicht wieder ein, ſondern alles verhält ſich, wie nachher für dieſe Art der Schließung angegeben werden wird.

Je länger der negative Draht mit dem Queckſilber in Verbindung geblieben iſt, um ſo länger dauert auch der poſitive Strom nach aufgehobener Verbindung des negativen Drahtes mit dem Queckſilber fort, bei fortdauernder Schließung des Kreiſes in der Lauge, und um ſo ſchneller iſt der Strom. Es erhellt alſo aus dieſem Verſuche, daß durch die Berührung des Queckſilbers mit dem negativen Drahte daſſelbe eine Modification angenommen hat, die es zur Fortdauer jener Bewegung eine Zeitlang fähig macht.

Worin beſteht dieſe Modification? Herſchel hat nachgewieſen, daß ſie auf einer Legirung mit Kalium beruht, welches, durch den Einfluß des Stroms reducirt, ſich mit dem Queckſilber am negativen Pol verbunden hat. In der That, wenn zu einer beſtimmten Menge reinen Queckſilbers gleich Anfangs etwas Amalgam eines Alkalimetalls zugemiſcht ward, erzeugte ſich ein ſtarker poſitiver Strom in dem Augenblicke, wo der Kreis geſchloſſen ward, obgleich keiner der Drähte das Queckſilber berührte. Dieſes Alkalimetall muß ſich jedoch, wenn das Queckſilber außer Berührung mit dem negativen Draht kommt, wieder zu Alkali oxydiren, und in dem Maße, als dies geſchieht, hört die Strömung auf *.

---

der That die Strömungen in der Flüſſigkeit ſelbſt beobachtet werden. Iſt dieſe Anſicht richtig, ſo laſſen ſich die von Schweigger (in ſ. J. LIV. Taf. I. Fig. 9) abgebildeten 4fachen Wirbel aus der Wechſelwirkung der elektriſchen Strömungen im Queckſilber und in der Flüſſigkeit nach Ampère'ſchen Grundſätzen leicht in der abgebildeten Art veranſchaulichen, und dann möchte überdies in dem verſchiedenen Leitungsvermögen der Flüſſigkeiten ein Hauptumſtand liegen, welcher die Erſcheinungen abändern kann, da hiedurch der Weg des el. Stroms durch die Flüſſigkeit zum Queckſilber hindurch modificirt werden muß. Unſtreitig wäre es der Mühe werth, die Erſcheinungen aus dieſem Geſichtspuncte zu unterſuchen. Weſentlich zu berückſichtigen iſt dabei, daß der Strom nicht blos in gerader Linie durch die Flüſſigkeit fortgeht, wiewohl hier von der größten Intenſität iſt (vergl. in dieſem Bezug **Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 286**).

* War das Queckſilber längere Zeit mit dem negativen Draht in Berührung, ſo können die Drähte dann ganz aus der Lauge herausgenommen und nach einiger Zeit von Neuem blos in dieſe eingetaucht werden, ohne daß der negative Draht das Queckſilber berührt; deſſenungeachtet wird im Augenblicke der Schließung des Kreiſes der poſitive Strom mit Lebhaftigkeit eintreten, weil nämlich die Schließung noch in den Zeitraum fällt, während deſſen der Strom auch noch fortgedauert hätte, wenn die Drähte überdauert nicht herausgenommen worden

Aendert man die Lage des poſitiven Drahtes gegen den negativen bei den vorigen Verſuchen ab, ſo ändert ſich damit zugleich die Geſtalt und Richtung des Stroms. Steht der negative Draht dem poſitiven gerade gegenüber, ſo daß die gerade Linie von dem einen zum andern einen Durchmeſſer des Queckſilbers darſtellt, wie wir bis jetzt angenommen haben, ſo geht der Strom ganz in der Richtung dieſes Diameters und zwar meiſtens etwas gekrümmt in zwei ellipſenähnlichen Curven, die ſich über dem Mittelpuncte des Queckſilbers gleichſam berühren (Fig. 56). Wird nun bei unveränderter Lage des negativen Drahtes der poſitive allmälig um das Queckſilber herumgeführt, ſo ändert ſich die Richtung des Stromes und folgt immer der Linie, die vom poſitiven Drahte an der Stelle ſeiner Eintauchung nach dem negativen Drahte gezogen werden kann, und bald verwandelt ſich der Strom nur in einen einfachen Strudel, indem er in einer kleinern Curve nicht durch die Mitte des Queckſilbers ſich hinzieht, und auf der einen Seite des Uhrglaſes von dem negativen zu dem poſitiven Drahte zurückkehrt u. ſ. w. *

Wird, während der negative Draht mit dem Queckſilber in Berührung bleibt, nunmehr auch der poſitive Draht in daſſelbe eingeſenkt, ſo zieht ſich in demſelben Augenblicke die Queckſilberkugel zuſammen und nimmt die Krümmung an, die ſie auch ohnedies in der Flüſſigkeit haben würde, und es iſt überhaupt nun alles zur relativen Ruhe gekommen.

Dahingegen tritt ein äußerſt bemerkenswerthes Phänomen ein, wenn man den poſitiven Draht, anſtatt ihn in das Queckſilber wirklich einzuſenken, ſeinem Umkreiſe gerade nur bis zur Berührung nähert, ſo daß durch die hiedurch erfolgende Zuſammenziehung das Queckſilber von ſelbſt wieder außer Berührung mit dem poſitiven Drahte kommt.

In dieſem Fall tritt ein Wechſel von Expanſionen und Contractionen des Queckſilbers ein, den man nach Pfaff mit nichts beſſer als mit den Pulſationen des Herzens vergleichen kann. In der That, wenn das Queckſilber blos mit dem negativen Draht in Berührung iſt, dehnt es ſich des oben bemerkten Umſtandes zufolge aus; wird es nun mit dem poſitiven Drahte berührt, ſo zieht es ſich wie durch eine Zuckung ſchnell zuſammen, und geht vermöge des

---

wären, d. h. weil die Drähte, ſtatt reines Queckſilber anzutreffen, noch eine Legirung deſſelben mit Kalium vorfinden. Immer wird aber nach einer gewiſſen Zeit der Strom endlich aufhören, und man mag alsdann mit dieſem zu ſeiner urſprünglichen Reinheit zurückgekehrten Queckſilber den Verſuch ſo oft man will mit Schließung des Kreiſes durch die Drähte in der bloßen Lauge wiederholen, es wird kein Strom eintreten. Dieſer Einfluß der vorhergegangenen Verſuche auf die nachfolgenden iſt überhaupt in allen Fällen wohl zu berückſichtigen, wenn man nicht den Faden gänzlich verlieren und ſtatt der Geſetzmäßigkeit nur Verwirrung und Regelloſigkeit finden will. (Pfaff.)

* Schweigg. J. XLVIII. 200.

Beharrungsvermögens sogar noch über die Convexität hinaus, welche der Berührung an und für sich zukommt. Da es hiedurch wieder außer Berührung mit dem positiven Drahte kommt, der negative aber wieder auf Ausbreitung hinwirkt, so wechselt jene Zusammenziehung sogleich wieder mit einer Ausbreitung ab u. s. f. Diese Pulsationen des Queckſilbers folgen bei Anwendung ſtärkerer Säulen mit außerordentlicher Raſchheit auf einander (wohl 15 und mehr auf die Secunde) und haben einen ſehr großen Umfang. Am Ende kommt das Queckſilber in die unregelmäßigſten Bewegungen, hüpft aufwärts und ſeitwärts und ſein Umkreis nimmt alle möglichen Geſtalten an. Selbſt mit Säulen von einigen Plattenpaaren kann man aber auch dieſe Pulſationen hervorrufen und dann folgen ſie regelmäßiger auf einander *.

Wenn man jedoch den poſitiven Draht ſo weit einſenkt, daß dieſe Pulſationen nicht eintreten, und nach Wiederherſtellung der

---

* Unter einer andern Form hat Erman dieſe Reſultate dargeſtellt. Im Mittelpuncte einer trockenen und völlig reinen Queckſilberfläche bringe man, mit einem Strohheber, eine geringe Menge Waſſer ſo an, daß ſie eine Halbkugel von 3 bis 4 Linien Durchmeſſer bilde. Man führe in das Queckſilber den negativen Polardraht, den poſitiven hingegen in die Waſſermaſſe. Schließt man nun den Kreis, ſo plattet ſich im Momente der Schließung die Waſſerhemiſphäre ſo ab, daß ihr Durchmeſſer wenigſtens das Doppelte des vorigen beträgt (auf einer noch ſo vollkommen polirten ſtarren Metallfläche findet durchaus keine Abplattung des Waſſers Statt). In dieſer Abplattung beharrt das Waſſer, ſo lange der Kreis geſchloſſen bleibt. Bringt man nun bei dieſem Verſuche den poſitiven Polardraht, anſtatt in das Innere der Waſſermaſſe, blos ſo eben in Berührung mit ihrem Scheitel, ſo wird die Totalität derſelben in ſenkrechter Richtung hinauf und hinabgeſchleudert, und ſpritzt mächtig an den Polardrähten herauf. Zugleich erpandirt und contrahirt ſie ſich abwechſelnd eben ſo gewaltig in horizontaler Richtung. Die Schnelligkeit dieſes höchſt auffallenden Wellenſchlags (bei einer wirkſamen Säule) iſt ſo groß, daß ſelbſt ein geübtes Auge nicht die jeder Secunde zukommende Zahl der Oscillationen auffaſſen kann. Hiebei geräth die ganze auch noch ſo große Fläche in concentrische ringförmige Undulationen, und dieſe mächtigen Bewegungen dauern ohne Unterbrechung ſo lange fort, als die Säule in Wirkſamkeit bleibt.

Schon früher hatte Helwig folgende Modification dieſer Bewegungen bemerkt. Ein Queckſilbertropfen von 2 bis 3 Linien Durchmeſſer ſey mit einer geringen Menge Waſſer bedeckt und umgeben. Der negative Polardraht ſey irgend wo in dieſes Waſſer getaucht, der poſitive ebenfalls, aber ganz nahe am Queckſilbertropfen. Dieſer Tropfen verändert augenblicklich ſeine ſphäriſche Geſtalt und zieht ſich lang gegen den poſitiven Draht zu, bis er ihn berührt hat. Wenn dieſes geſchehen iſt, ſpringt der verlangert geweſene Theil ſchnell zurück und die Maſſe rundet ſich wieder ab; darauf dehnt ſie ſich wieder aus, aber in einer Richtung, die mit der vorigen einen rechten Winkel macht; endlich nimmt ſie wieder die Kugelgeſtalt an, und darauf beginnt die Reihe dieſer Veränderungen, in derſelben Ordnung, aufs Neue. Die Schnelligkeit dieſer doppelt entgegengeſetzten Vibrationen iſt ſo groß, daß man ſehr viel Mühe hat, ſie deutlich wahrzunehmen; das Auge ſieht gewiſſermaßen nur einen flimmernden Stern, deſſen 4 Stralen die beiden ſenkrechten Axen der Ellipſoiden ſind, in die das ſphäriſche Queckſilber mit continuirlicher Abwechſelung umgeſtaltet wird. Dieſes raſche und regelmäßige innere Treiben der Maſſe hört nie von ſelbſt auf und verliert auch durchaus nichts von ſeiner Intenſität, ſo lange die Bedingungen, die es einmal hervorbrachten, dieſelben bleiben.

natürlichen Krümmung des Queckſilbers den negativen Draht außer Berührung mit dem Queckſilber in die Lauge zurückbringt, den poſitiven dagegen mit dem Queckſilber in Berührung läßt, ſo überzieht ſich das Queckſilber nun augenblicklich mit einer Oxydhaut, ſein Glanz verliert ſich, es wird zähe, ſteif, ſo daß man es hin und herziehen, und ihm jede Geſtalt geben kann; dabei breitet es ſich allmälig in einen größern Raum aus, wird platt, doch nicht plötzlich und mit einem Rucke, wie bei den vorigen Verſuchen, ſondern gleichſam nur allmälig, durch die Wirkung der Adhäſion der Lauge auf die ſich bildende Oxydhaut. An und für ſich, und abgeſehen von der durch die Oxydation bewirkten mehr ſtufenweiſe vor ſich gehenden Ausbreitung hat der poſitive Draht vielmehr nur contrahirende Wirkung auf das Queckſilber, das offenbar im erſten Augenblicke der Berührung durch denſelben, während der negative Draht in die Lauge eingetaucht iſt, nur größere Convexität annimmt, worauf dann aber, ſo wie die Oxydhaut ſich bildet, die Ausbreitung und Abplattung als ſecundäre Wirkung eintritt *.

Nach Pfaff war während der Berührung des Queckſilbers mit dem poſitiven Draht keine Spur von Strömungen zu bemerken; nach Herſchel (Schweigg. J. XLIV. 191) finden ſie jedoch unter der Oxydkruſte Statt und werden eben ſo ſichtbar als die vorhin beſchriebenen poſitiven, wenn man ihre Bildung durch Hinzufügung einiger Tropfen ſchwacher Salpeterſäure hindert.

Wird der poſitive Draht nunmehr wieder außer Berührung mit dem Queckſilber gebracht, der Kreis bleibt aber in der Lauge geſchloſſen, ſo beharrt das Queckſilber in jener halbzähen Beſchaffenheit und Ausbreitung mit ſeiner Oxydſchicht bedeckt, und außer der bekannten Gasentwickelung an den Drähten iſt nichts zu bemerken. So wie aber darauf der negative Draht mit dem Queckſilber in Berührung gebracht wird, zieht ſich das Queckſilber mehr oder weniger ſchnell wieder zuſammen, in dem Verhältniſſe, in welchem die Oxydhaut verſchwindet, erhält wieder ſeine runde Form, wie es ſeine natürliche Cohäſion mit ſich bringt und ſeinen alten Glanz, und in demſelben Augenblicke tritt dann, wie in einem Ru, die Ausbreitung und Abplattung, die von dem negativen Drahte abhängt, ein, der lebhafte poſitive Strom beginnt, welcher den letzten Reſt des ſchwar-

---

* Das Phänomen der Oxydation modificirt ſich nach der Stärke der Säule. Bei Anwendung einer Säule von 24 Paaren ſpielte die Oxydſchicht mit den ſchönſten Regenbogenfarben, beſonders mit einer ſchönen tombackbraunen und blauen Farbe, das Queckſilber erdunte ſich nur auf den erſten Grad; aber ſchon bei Anwendung einer Säule von 30 Plattenpaaren war die Schicht geld; es bildete ſich ſtatt des Oxyduls ſogleich Oxyd; noch auffallender geſchah dies durch eine Säule von 120 Paaren. Dieſe Oxydſchicht bildete ſich beſonders ſchnell und ſtark an der Seite des Queckſilbers, die dem negativen Drahte am nächſten gegenüber ſtand; auch war bei Anwendung der ſtärkern Säulen die Erſtarrung und das Zuſammenziehen des Queckſilbers beinahe das Werk eines Augenblicks.

zen oder gelben Oxyds, der oft noch sich vorfindet, mit Schnelligkeit über das Quecksilber treibt und mit sich fortreißt. (Pfaff.)

Eine ähnliche Wirkung, als durch Berührung mit dem negativen Draht in diesem Falle kann man auch dadurch hervorbringen, daß man das Quecksilber, das sich zuvor am positiven Pole mit Oxyd bedeckt hatte, nach aufgehobener Verbindung damit, ja nach Oeffnung der ganzen Kette, mit einem reinen nicht elektrisirten Drahte, je elektropositiver je besser (so daß Kupfer eine geringe, Platin keine Wirkung ausübt, doch soll Zinn vortheilhafter als Zink wirken), berührt. Man sieht dann das Oxyd schnell am Berührungspuncte verschwinden, als wenn es verschluckt würde, und das umliegende Quecksilber wird sich von allen Seiten nach dessen Stelle stürzen, während sich auf der Oberfläche ein Strom gegen den Draht hin bildet.

Unstreitig leistet hier die Berührung mit dem elektropositiven Draht insofern das Nämliche, als die Berührung mit dem negativen Pol, als in beiden Fällen das Quecksilber selbst einen negativen Pol bildet.

Wenn das Quecksilber in Berührung mit dem positiven Pole unter gewissen metallischen Auflösungen (z. B. unter salpeters. Kupfer) dem Einfluß des el. Stroms ausgesetzt wird, und man unterbricht den Kreis durch Wegziehung der beiden Drähte, so setzt sich ganz schwach der Strom noch während einiger Zeit nach der Unterbrechung der el. Kraft in derselben Richtung fort, d. h. von dem, benachbart dem negativen Pole liegenden Puncte (den wir n nennen wollen). Nach und nach wird er stärker und das Häutchen, was sich unter dem Einfluß des elektr. Kreislaufs bildete, wird zu dem Puncte (p) getrieben, wo sich zuvor der positive Draht befand. Dort häuft sich das Oxyd an und läßt zuletzt den Theil der Oberfläche in n ganz glänzend zurück. Sobald dieser Erfolg eingetreten ist, nehmen die Ströme beträchtlich an Intensität zu, und gehen stralend von dem Puncte n mit großer Heftigkeit aus. Diese Wirkung dauert oft lange Zeit. Wenn man nun den negativen Draht auf zwei sich gegenüber liegende Puncte des Quecksilbers n, n' nach einander wirken läßt, ihn schnell wieder zurückzieht und den Kreis unterbricht, so werden diese beiden Puncte zwei Centra bilden, von denen zu gleicher Zeit nach allen Richtungen selbstständige Ströme ausgehen. Wenn man den negativen Draht senkrecht über einer großen ebenen Quecksilberoberfläche in Wirkung setzt und den Kreis dann unterbricht, so bildet sich alsbald eine heftige Stralung von dem Puncte unmittelbar unter der Stelle, wo zuvor der negative Draht sich befand. — Wenn man, nachdem sich ein Häutchen auf dem Quecksilber durch Berührung mit dem positiven Pol gebildet, die Drähte zurückzieht, um den Kreis in der Flüssigkeit zu schließen, so wird das Oxydhäutchen zu dem diesem Puncte entgegenliegenden Puncte n getrieben, und es stellt sich ein heftiger Strom

ein, ausſtralend von n nach p. Wenn man ihn einige Zeit fortdauern läßt, und dann den el. Kreislauf aufhebt, ſo dauert die Bewegung fort, als wenn die El. noch durchſtrömte; bewegt man aber das Queckſilber hin und her, um die in p angeſammelte Kruſte zu zerſtreuen, ſo wird die Regelmäßigkeit der Bewegungen zerſtört; die Oberfläche des Queckſilbers wird in eine Art von Zittern verſetzt, das von einer großen Anzahl kleiner aber ſehr ſchneller Wirbel abhängt, und nur erſt nach einiger Zeit nehmen die Ströme ihre regelmäßige und einförmige Richtung wieder an. — Dieſe Erſcheinungen beweiſen die Exiſtenz eines Syſtems von Strömen, die gegen jedes Element der Kruſte auf der Oberfläche ausſtralen. Dieſe Ströme ſind, ſo lange die Kruſte in kleine Theile zerbrochen und auf der ganzen Oberfläche ausgebreitet iſt, unregelmäßig und unbeſtimmt, ſobald aber dieſe Theilchen ſich anfangen zu vereinigen, nehmen ſie eine einförmige Richtung an, nämlich nach dem Orte hin, wo ſie keinen, ſey es durch Berührung des Gefäßes oder eine andere Urſache erregten, Gegenſtrömen begegnen. (Herſchel.)

Wir kommen jetzt zur Betrachtung des Falles, wenn gleich Anfangs, ohne vorhergegangene Berührung des Queckſilbers mit einem Polardrahte, blos in der Lauge der Kreis geſchloſſen wird. Man kann dieſen Fall eigentlich als einen zuſammengeſetzten der beiden vorigen betrachten, denn während bei den beiden vorigen Fällen das Queckſilber entweder als Verlängerung des negativen oder des poſitiven Pols wirkt, theilt es ſich hier vermöge der Eigenſchaft der Zwiſchenplatten von ſelbſt in dieſe beiden Pole. Allein nach Beſchaffenheit der Umſtände überwiegt in der Regel bald mehr die poſitive, bald die negative Zone, ſo daß bald mehr die Erſcheinungen der einen, bald mehr der andern Arten der vorigen Schließung beobachtet werden, indem die Ströme oder Wirbel der einen Zone dann gewiſſermaßen die der andern verſchlingen. Denn eigentlich müßten hier ſich entgegenkommende poſitive und negative Wirbel entſtehen, oder ſelbſt dieſe ſich wechſelſeitig aufheben.

In der That ſind die Angaben der Beobachter über die Richtung und ſelbſt über das Vorhandenſeyn der Strömungen in dieſem Fall ſehr abweichend; indem bald gar keine, bald ſo bald ſo gerichtete oder wirklich ſich entgegenkommende Strömungen in der Flüſſigkeit angegeben werden *. Dagegen iſt ein conſtantes Phäno-

* Vergl. Schweigg. J. XLIV. 190; XLVIII. 202. 210; LIV. 46. 68. — Gilb. XXXII. 282. — In Kali und kohlenſ. Kali ſcheinen bei bloßer Schließung in der Flüſſigkeit ohne vorherige Berührung mit dem negativen Drahte die Ströme jedenfalls ſchwach oder null zu ſeyn (Schweigg. J. XLIV. 190; XLVIII. 202), außer bei ſtarken Säulen (ebend. XLVIII. 338; Gilb. XXXII. 282), wo ſie ebenfalls unzweideutig beobachtet werden. Herſchel hat folgende Angaben für die hier beobachtete Art der Schließung: „Die Stärke dieſer Bewegungen iſt in dem Verhältniſſe geringer, als die elektropoſitive Kraft der Baſe größer iſt. Demnach ſind ſie in den Kalilauge ſchwächer und oft bemerkt man

men eine Anziehung des Queckſilbers durch den poſitiven Pol, die ſich als eine ruckweiſe Bewegung ſeiner ganzen Maſſe zeigt *.

Es ſcheint jedoch, daß dieſe Anziehung nur ein ſecundäres Phänomen iſt; abhängig von der Gegenwirkung des Gefäßbodens gegen die an der Oberfläche und im Innern des Queckſilbers Statt findenden Strömungen; wenigſtens ſoll nach Herſchel in glatten Glasgefäßen dieſe Anziehung nicht beobachtet werden, wohl aber in Gefäßen von Wedgewood oder auf mattem Glaſe; wiewohl Pfaff von dieſem Unterſchiede nichts erwähnt **. Wenn das Queckſilber verhindert iſt, dieſer Anziehung gehörig Folge zu leiſten, ſo verlängert es ſich wenigſtens gegen den poſitiven Pol.

Gießt man in eine doppelt gebogene zweiſchenklige Röhre, die ungefähr ¼ Zoll im Lichten haben kann, Queckſilber, bis es in jedem ſenkrechten Schenkel eine Höhe von 1½ bis 2 Zoll erreicht hat, bringt über jede dieſer Queckſilberſäulen eine 2 bis 3 Zoll hohe Waſſerſäule, leitet in dieſe die Polardrähte einer kräftigen Säule, und

---

ſie nur durch eine augenblickliche Erſchütterung des Queckſilbers, wenn der Kreis geſchloſſen wird. In den Natron-, Ammoniak-, Baryt-, Strontian- und Kalkſalzen ſind ſie deutlicher, und mehr noch in denen aus Magneſia, Thonerde und metalliſchen Oxyden. Auf der andern Seite bleibt das Queckſilber in den Auflöſungen reiner Alkalien und alkaliſcher Erden völlig in Ruhe, oder zeigt wenigſtens nur ſchwache unregelmäßige Bewegungen, abhängig von Nebenurſachen. In mehrern Flüſſigkeiten und beſonders den Auflöſungen ſalpeterſaurer Salze, bildet ſich nicht nur ein Strom, der vom negativen Pole ausſtrahlt, ſondern auch ein anderer, der vom poſitiven Pole ausgeht, und ſelbſt in gewiſſen Fällen den erſten übertrifft. Dieſe beiden Ströme erzeugen in dem Queckſilber und in Folge ihrer Wirkung bildet ſich in dem Queckſilberkügelchen eine Gleichgewichtszone, dem einen oder dem andern Pole näher, je nachdem der entgegengeſetzte Strom mehr oder weniger ſtark iſt. Das beſte Mittel, den Einfluß der Gegenſtröme (Herſchel betrachtet die poſitiven als die geſetzmäßigen) bemerkbar zu machen, iſt, daß man auf eine große Menge Queckſilber unter ſchwachen Auflöſungen wirkt, indem man den negativen Pol entfernt und den poſitiven ſehr nahe hält. Auf dieſe Art giebt es ſehr wenige Flüſſigkeiten, welche, wenn die Säule kräftig wirkt, nicht Spuren eines Gegenſtromes zeigen, der vom poſitiven Pole kommt."

* Pfaff konnte nicht genau ausmitteln, ob Contraction oder Abplattung des Queckſilbers hiebei Statt fand. — In Ammoniakflüſſigkeit iſt dieſe Anziehung noch lebhafter als in Kalilauge.

** Herſchel äußert ſich folgendermaßen; „Die Bewegung des Queckſilbers beruht auf einer fortwährenden Ausſtrahlung der Theilchen ſeiner Oberfläche von dem Puncte an, der dem poſitiven (bei Schwefelſäure negativen) Pole zunächſt liegt, durch welchen es in dem fortwährenden Zuſtande einer kreiſenden Bewegung erhalten wird, indem jedes Theilchen längs der Oberfläche vom poſitiven Pole zum negativen geſtoßen wird, und längs der Axe wieder zurückkehrt. Wenn das Queckſilber von dem Boden des Gefäßes, in welchem es enthalten iſt, getrennt, und aller Adhäſion zur Flüſſigkeit beraubt wäre, ſo würde das Moment der Theilchen, welche gehen und derer, welche wieder zurückkehren, gleich ſeyn und der Mittelpunct der Schwere der ganzen Maſſe würde in Ruhe bleiben. Aber wegen der Friction und der Adhäſion des Queckſilbers zum Gefäße und zur Flüſſigkeit wirken dieſe auf die Kugel zurück, in einer den Strömungen auf der Oberfläche entgegengeſetzten Richtung und folglich rückt der Mittelpunct der Schwere gegen den Pol vor."

ſchließt nun den Kreis, ſo erzeugt ſich an dem Ende des Queckſilbers, welches dem negativen Drahte gegenüberſteht, augenblicklich eine Oxydſchicht und es findet in dieſem Schenkel keine wahrnehmbare Bewegung Statt. Im entgegengeſetzten Schenkel aber, wo das Queckſilber dem poſitiven Polardrahte gegenüberſteht, verändert es die Convexität ſeiner Fläche, es ſteigt gegen die Ränder, während das Waſſer in den capillären Raum zwiſchen die Wände und das Queckſilber eindringt, wieder zurücktritt und ſo immer abwechſelnd herab und heraufſtrömt. Das Einſtreuen irgend eines leichten Pulvers in das Waſſer macht dieſes continuirliche Ebben und Fluthen in lothrechter Richtung noch anſchaulicher.

Es bildet ſich nebenbei, dicht an den Wänden der Röhre, ein ringförmiger Wirbel, wo die beigemengten fremdartigen Theilchen mit großer Schnelligkeit durch den Impuls des ſteigenden und fallenden Waſſers mit großer Heftigkeit bewegt werden, deren Flächen auf die Axe des Winkels ſenkrecht ſtehen. — Bemerkt zu werden verdient, daß, wenn die Wände der Röhre, da, wo das Queckſilber ſie berührt, noch ganz trocken ſind, die wirbelnde Bewegung der ſchwimmenden Körper anfänglich ſehr unbedeutend oder ganz und gar nicht vorhanden iſt. Sie nimmt aber allmälig zu, je nachdem ſich das Waſſer einen freiern Zugang zwiſchen das Metall und das Glas verſchafft hat. Ueberzieht man aber vollends dieſe Stelle mit einem Anſtrich von Fett und beſtreut ſie mit Bärlappſaamen, ſo findet auch nicht die mindeſte Strömung oder wirbelnde Bewegung Statt (Erman) *.

Wir wollen jetzt noch in Bezug auf den hier erörterten Fall, wo der Kreis blos in der Flüſſigkeit geſchloſſen wird, die Erſcheinungen beſchreiben, wie ſie nach Nobili Statt finden, wenn beide (Platin-) Polardrähte vertical über eine Schicht reinem Queckſilber (von 2 bis 3 Zoll Durchm.), die einige Linien hoch mit einer Flüſſigkeit übergoſſen iſt, eingetaucht werden, ſo daß ihre Spitzen der Queckſilberfläche gegenüberſtehen, aber durch einen kleinen Zwiſchenraum noch von ihr getrennt bleiben. Die Flüſſigkeit ſey eine Löſung von ſchwefelſ. Natron. Man ſetze die Drähte mit den Polen einer Säule von mittelmäßiger Stärke in Verbindung, und ſogleich wird man im Umkreiſe der, den Polſpitzen gegenüberliegenden, Puncte der Queckſilberfläche (ſie mögen reſpective n und p heißen, je nachdem ſie dem negativen oder poſitiven Draht gegenüber liegen) zwei Syſteme von Strömen ſich bilden ſehen. Betrachten wir das Queckſilber unter einem ſchiefen Winkel, ſo werden wir auf ſeiner Oberfläche Gränzen wahrnehmen, welche den äußern Umriſſen der gewöhnlichen elektrochemiſchen Figuren entſprechen, die entſtehen würden, wenn dem Queckſilber eine feſte Metallplatte ſubſtituirt würde (vergl. das 33ſte Capitel). Dieſe Gränzen beſtehen aus ovalen

* Vergl. hiezu Gerdoin in Gilb. XI. 310.

Linien oder Streifen n'n"n"' und p'p"p"' (Fig. 57), innerhalb welcher das Queckſilber ein wenig niedriger ſteht, als außerhalb. Dieſe Streifen ſind deutlicher an den innern, einander zugekehrten Seiten p'p" und n'n", als an den äußern von einander abgewandten p"' und n"'. In der Mitte (0) nimmt man auf dem Queckſilber eine oder zwei Linien wahr, wo ſeine Oberfläche bewegt erſcheint, wie durch das Zuſammentreffen zweier entgegengeſetzter Ströme. Selten ſind die von dem Mittelpuncte p und n ausſtralenden Ströme von gleicher Kraft; im Allgemeinen ſind die, vom Punct p ausgehenden die wirkſamſten; oder wenn ſie das nicht gleich zu Anfange des Verſuchs ſind, ſo werden ſie es doch bald. Faſt jederzeit bildet ſich in p etwas Oxyd, welches durch die Ströme nach Außen fortgeriſſen wird, nach dem Umkreis p'p"p"' hin, wo es ſich mehr oder minder anhäuft.

Das Oxyd, welches über p'p" hinausgetrieben wird, breitet ſich mehr oder minder raſch nach der Gegend des negativen Pols hin aus, wo daſſelbe abſorbirt und reducirt wird, ſobald die Ströme dieſes Theiles bis zu dem Grade an Kraft abnehmen, daß ſie der Ausbreitung kein Hinderniß mehr entgegenſtellen. Das Oval n'n"n"' verhält ſich wie die entſprechenden von n ausſtralenden Ströme; es zieht ſich zuſammen mit denſelben und verſchwindet mit ihnen *.

Das Verſchwinden der negativen Ströme, welches gleichzeitig mit dem Verſchwinden des Ovals n'n"n"' eintritt, rührt unmittelbar von der Oxydſchicht her, welche von den poſitiven Strömen über ihre gewöhnlichen Gränzen hinausgeſtoßen wird. Es genügt ſchon, der Ausbreitung dieſer Schicht ein Hinderniß entgegenzuſtellen (z. B. vermittelſt einer kleinen Glasſcheibe, die man bei (0) in die Oberfläche des Queckſilbers eintaucht), um die Oxydation bei p zunehmen und die negativen Ströme ſich in voller Kraft behaupten zu ſehen. Die in dieſer Weiſe aufgerichtete Scheidewand verſchafft der Oxydlage in p'p"p"' bald eine ſolche Feſtigkeit, daß die poſitiven Ströme vernichtet werden. Nimmt man aber die Glasſcheibe hinweg, bevor die Oxydation zu weit vorgeſchritten, ſo zerreißt die Oxydhaut in mehrere Stücke und von Innen aus verbreiten ſich dieſe dann nach der negativen Seite hin, wo ſie abſorbirt und reducirt werden, wie oben angegeben. Dann beleben ſich die poſitiven Ströme wieder und die negativen nehmen an Kraft ab.

Wir haben die Löſung des ſchwefelſ. Natrons gewählt, weil in dieſer Flüſſigkeit beide Stromſyſteme, im Umkreiſe der Puncte p und n, leicht zum Vorſchein kommen. Aehnliche Stralungen finden auch in mehrern andern Flüſſigkeiten Statt; in einigen aber

* Ein einziger Verſuch langt nicht aus, alle dieſe Umſtände zu beſtimmen; nur durch wiederholte Verſuche kann man zur Sicherheit gelangen, wobei beſonders die äußern Umriſſe p'p"p"' und n'n"n"' im Auge behalten werden müſſen, da ſie demſelben leicht entgehen, wenn man ſie nicht mit großer Aufmerkſamkeit beobachtet.

fehlen sie mehr oder weniger, je nach der Verschiedenheit ihrer Natur. Die Ursach dieses verschiedenen Verhaltens liegt nach Nobili darin begründet, daß das Queckſilber in jeder Art von Flüssigkeit die elektronegativen und elektropositiven Bestandtheile derselben um seine secundären Pole anhäuft, diese Elemente aber bald von der Art sind, daß sie das Queckſilber mit einem mehr oder minder festen Häutchen überziehen, bald aber dasselbe vollkommen frei von jedem sichtbaren Niederschlag lassen. In der That scheint sich aus Nobili's Versuchen das allgemeine Resultat zu ergeben, daß die Ströme sich nur an der Stelle bilden, wo die Schichten fehlen, welche die elektrochemischen Figuren hervorbringen; doch hat er wohl nicht untersucht, ob nicht die Strömungen vielleicht unter diesen Schichten Statt haben.

Um nun auch die andern Fälle der Schließung für die betrachtete Anordnung der Polardrähte zum Queckſilber zu erörtern, so wiederhole man den Versuch mit dem schwefels. Natron bis zu dem Augenblicke, wo die positiven Ströme, indem sie die negativen auf entscheidende Weise überwältigen, die Lösung von p nach n hinüberreißen. Jetzt lasse man die Spitze des negativen Polardrahts in das Queckſilber nieder, mit welchem sie sich leicht amalgamirt. Sogleich werden die negativen Ströme wieder belebt, und läßt man den Draht nur eine Minute lang eingetaucht, so amalgamirt sich das Queckſilber während dieser Zeit mit so viel Natrium, um folgende Wirkungen hervorzubringen. Im Momente, wo man die Spitze des negativen Drahts vom Queckſilber zurückzieht, sieht man die positiven Ströme im Umkreise des Puncts p verschwinden. Hierauf bemerkt man eine entgegengesetzte Erscheinung, d. h. ein System von Strömen, die von allen Puncten des Umfangs der Queckſilbermasse rasch nach dem Centralpunct p hin zusammenlaufen. Diese Ströme besitzen nicht alle dieselbe Geschwindigkeit: diejenigen, welche vom Punct n hervorkommen, sind offenbar die raschesten u. s. w. *.

Wir kommen jetzt zur Betrachtung der Erscheinungen, wie sie sich in Säuren darstellen, wenn das Queckſilber damit bedeckt wird. Dieselben verhalten sich nach Pfaff hier in allen Puncten gerade auf die entgegengesetzte Weise, als bei Bedeckung mit alkalischen Laugen, und am deutlichsten zeigte sich dieser Gegensatz bei Anwendung der concentrirten Schwefelsäure **.

Wir fangen mit dem Fall an, wo der Kreis blos in der Säure geschlossen wird. In diesem Fall findet eine sehr merkliche Anziehung des Queckſilbers durch den negativen Pol Statt, die in einer gleichsam zuckenden Bewegung desselben besteht, und bei stärkern Säulen mit einer Abplattung und zugleich mit einer sichtlichen

---

* Die weitere Beschreibung dieser Versuche s. in Schweigg. J. LIV. 58.

** In concentrirter Salzsäure verhalten sich die Erscheinungen eben so, nur schwächer.

Verlängerung und Verſchmälerung verbunden iſt, die am ſtärkſten iſt, wenn die Drähte einander gerade gegenüber und zugleich dem Queckſilber ſo nahe als möglich ſtehen. Zugleich beginnt nun ein ſehr lebhafter negativer Strom *, nämlich von dem negativen nach dem poſitiven Drahte in ganz ähnlichen zwei Strudeln oder Ellipſen, als früher beſchrieben worden, nur bei gleicher Stärke der Säule mit einer viel größern Schnelligkeit und in einer größern Ausdehnung. Bei gleicher Stärke der Säule wurde der Strom lebhafter, wenn die Maſſe des Queckſilbers zwiſchen beiden Polen vermehrt ward (Pfaff). Dieſer Strom dauert fort, ohne Veränderung in ſeiner Richtung und Stärke, ſo lange die Säule in Wirkſamkeit iſt, und hört nur dann auf, wenn deren Kraft ganz erſchöpft iſt. Das Queckſilber iſt nicht merklich getrübt oder angegriffen, noch die Säure verändert, mit Ausnahme eines unbedeutenden Theils, welcher zerſetzt und einer geringen Menge Queckſilbers, welche aufgelöſt iſt. Man hat in dieſen Strömungen eins der empfindlichſten Mittel, das Daſeyn ſchwacher el. Ströme zu erkennen, da eine äußerſt geringe Kraft hinreicht, ſie hervorzurufen ** (Herſchel).

Im Augenblicke der Berührung des Queckſilbers durch den negativen Draht tritt ſtatt der Abplattung, wie in den alkaliſchen Laugen, auffallende Zuſammenziehung des Queckſilbers ein; die Krümmung und eben damit die Höhe bei ſtarken Säulen nimmt wohl um ¼ der urſprünglichen zu, die Breite nimmt in demſelben Verhältniſſe ab. Der Strom hört augenblicklich auf und das Queckſilber bedeckt ſich auf ſeiner ganzen Oberfläche mit Luftblaſen. Dieſelbe Veränderung des Queckſilbers tritt auch ein, wenn der negative Draht vorher mit dem Queckſilber in Berührung gebracht und mit dem Draht in der Säure geſchloſſen wird, nur daß es in dieſem Fall gar nicht zum Strome kommt.

Wird dagegen der poſitive Pol mit dem Queckſilber in Berührung gebracht, ſo tritt ſogleich auffallende Abplattung und Ausbreitung des Queckſilbers ein, doch ohne daß es ſich mit einer eigentlichen Oxydſchicht bedeckt, zugleich verändert ſich jener lebhafte, aus jenen elliptiſchen Strudeln beſtehende, Strom, der Statt findet, ſo lange beide Drähte in der Säure ſelbſt den Kreis ſchließen, in einen, eine gerade Linie nehmenden, von vielleicht vierfach geringerer Geſchwindigkeit.

Wird, während der negative Draht mit dem Queckſilber in Berührung bleibt, nun auch der poſitive Draht mit demſelben in Berührung gebracht, ſo hört die vorhergegangene Zuſammenziehung des Queckſilbers auf. Dieſes breitet ſich zu derjenigen Krümmung aus, die ihm urſprünglich zukommt und die Gasblaſen, womit das

---

* Eine Abbildung hiezu von Erman ſ. in Gilb. Ann. XXXII. 281.

** Vergl. hiezu mehrere Beiſpiele in Schweigg. J. XLIV. 186.

Queckſilber bedeckt war, weichen von derjenigen Stelle, wo der Draht das Queckſilber berührt, plötzlich über die Oberfläche zurück, ſo daß dieſe wieder in ihrem Glanze erſcheint, doch tritt keine weitere Strömung ein. Die Abplattung nimmt zu über den urſprünglichen Durchmeſſer, wenn nunmehr der negative Draht herausgezogen wird; die vorher zurückgetriebenen Gasblaſen kehren wieder nach der Eintauchungsſtelle des poſitiven Drahts zurück, und der vorhin beſchriebene Strom beginnt.

Wir kommen jetzt zu den Erſcheinungen, wie ſie ſich am Queckſilber darſtellen, welches mit andern Metallen legirt iſt. Sowohl Herſchel als Pfaff haben dieſelben unterſucht, jedoch keine übereinſtimmenden Reſultate erhalten.

Wird das Queckſilber unter Auflöſungen von Kali und Natron elektriſirt, ohne mit einem der Pole der Säule in Verbindung zu ſeyn, ſo giebt es, wie ſchon bemerkt (S. 440 Anm.) in der Regel kein Zeichen der Drehung. Wenn man es aber einen Augenblick mit dem Ende eines reinen Zinkdrahts berührt, oder wenn man einen kleinen Antheil feſtes Zinkamalgam hineinbringt, ſo wenig, als man mit einer Nadelſpitze nehmen kann, ſo beginnt es ſich ſchnell vom poſitiven Pole aus zu drehen, und ſelbſt, als das Zink nicht mehr als $\frac{1}{10000}$ des Ganzen betrug, ſah man noch einen Strom in einer kleinen Diſtanz vom poſitiven Pole ausſtralen. Metalle, welche poſitiver als Zink ſind, wirken in derſelben Art noch kräftiger, ſo die Alkalimetalle (Ammoniumamalgam machte eine Ausnahme); ſolche die negativer ſind, ſchwächer, nach Maßgabe, als ſie negativer werden; ſo daß ſie ſchon bei Kupfer nicht mehr eintritt. So Herſchel.

Pfaff dagegen behauptet poſitiv, daß bei bloßer Schließung in der Lauge weder bei dem mit Zink, noch Zinn, noch Blei verſetzten Queckſilber eine Strömung wahrgenommen werde, wenn nicht Berührung mit dem negativen Drahte vorhergegangen ſey. Dagegen verräth ſich ſchon $\frac{1}{1000}$ Beimiſchung von Zinn nach ihm durch die augenblickliche Ausbreitung des Queckſilbers unter einer Alkalilauge bei Berührung mit dem poſitiven Drahte und durch die Bildung einer zähen grauen Haut von einigem Metallglanze, während bei keiner andern Art von Verunreinigung des Queckſilbers ſich daſſelbe Verhalten zeigt.

Es verdient noch in Bezug auf dieſe ganze Klaſſe von Erſcheinungen bemerkt zu werden, daß die Gegenwart kräftiger Magnete keinen ſichtbaren Einfluß zur Hervorrufung, Aufhebung oder Abänderung der ſtralenden Strömungen, die dabei vorkommen, äußert. Ferner gehen in zwei Zellen, die nur durch eine ſehr dünne nichtleitende Scheidewand geſchieden ſind, in jeder die Erſcheinungen ungeſtört, und als ob die Nähe der Strömungen in der andern Zelle gar keinen modificirenden Einfluß äußerte, vor ſich, wenn man in

jeder Zelle die Poldrähte einer besondern Säule gleichzeitig wirken läßt, wie sich Herschel * überzeugt hat.

In allem Bisherigen wurden die am Quecksilber beobachteten Erscheinungen durch einen darauf einwirkenden Volta'schen Apparat hervorgebracht. Jedoch auch dadurch, daß man das Quecksilber selbst mit andern Metallen zu einer einfachen Kette combinirt, lassen sich sehr bemerkenswerthe Wirkungen hervorbringen, deren Verwandtschaft mit den vorigen durch das Folgende von selbst erhellen wird.

Man bringe einen Tropfen Quecksilber in ein Bad von Schwefelsäure, und berühre ihn am Rande mit der Spitze eines Eisendrahtes; bei dieser Berührung zieht sich der Tropfen sichtlich zusammen. So wie diese Contraction eingetreten ist, ziehe man die Spitze des Eisendrahts etwas zurück von dem Tropfen; jetzt dehnt sich derselbe wieder aus und nimmt seine natürliche Gestalt wieder an. Bei dieser Bewegung aber trifft er wieder an die Eisenspitze und zieht sich neuerdings zusammen um sich hierauf wiederum auszudehnen; und eine solche, aus regelmäßig wechselnder Zusammenziehung und Ausdehnung zusammengesetzte, Bewegung setzt sich ohne eine Unterbrechung fort, so lange die galvanische Thätigkeit der drei Elemente, Quecksilber, Eisen und Säure dauert. Diese Art von Zuckungen erhält man nur bei Anwendung des Eisens oder anderer elektropositiver Metalle. Berührung mit Gold oder Platin bringt keine Wirkung hervor **. (Nobili).

Die nachfolgenden Erscheinungen sind von Runge beobachtet worden.

Uebergießt man reines Quecksilber mit einer gesättigten Kochsalzlösung, etwa eine halbe Linie hoch, und bringt ein wenig Kupfervitriol, gleichviel, einen kleinen Krystall oder ein Bruchstück eines größeren, mit der Vorsicht auf die Salzlösung, daß er auf ihr schwimmend bleibt, so verliert das Quecksilber nach einiger Zeit seinen Glanz und überzieht sich allmälig mit einer Haut, die muthmaßlich aus Chlorkupfer im Min. und Chlorquecksilber im Min. besteht. Weiteres findet im Wesentlichen nicht Statt. Berührt man nun aber das Quecksilber, durch die Flüssigkeit hindurch, mit einem Stück blanken Eisen, so ändert sich die Scene. Die Haut, die das Quecksilber bedeckt, spaltet sich, und wird schnell vom Quecksilber absorbirt. Es stellen sich wirbelförmige Strömungen ein, die vom schwimmenden Krystall ausgehen, sich an der Quecksilberfläche brechen und wieder nach Außen hin, sich umbeugend, in die Höhe steigen. Dabei nimmt der Krystall an Größe ab und verschwindet endlich ganz. Mit seinem Verschwinden hört auch die Strömung auf. Dieselben Erscheinungen, verbunden mit einer Anziehung zwischen dem Krystall und Quecksilber, finden auch Statt, wenn ersterer unter der Flüs-

* Schweigg. J. XLVIII. 248.

** Ein näheres Detail über diesen Versuch s. in Schweigg. J. LIV. 38.

sigkeit ungefähr um eine halbe Linie vom Queckſilber entfernt liegt. Hier wie dort dauern die Erſcheinungen nur ſo lange, als das Eiſen in das Queckſilber eingetaucht iſt.

Bringt man den Kupfervitriol, ſtatt ihn auf der Flüſſigkeit ſchwimmen zu laſſen, in unmittelbare Berührung mit dem Queckſilber, ſo iſt der Vorgang anders. So wie man nämlich das Eiſen in das Queckſilber taucht, geräth der Kryſtall in eine heftige Bewegung und kreiſt, während er ſcheinbar vom Eiſen angezogen und abgeſtoßen wird, auf die wunderbarſte und regelloſeſte Weiſe auf und an der Queckſilberfläche umher. Dabei nimmt der Kryſtall an Größe ab, und ſeine Bewegungen, die ſich beſſer beobachten als beſchreiben laſſen, nehmen an Geſchwindigkeit zu. Zieht man das Eiſen aus dem Queckſilber, ſo hören die Bewegungen des Kryſtalls augenblicklich auf; es ſey denn, daß man das Queckſilber ſchon oft und anhaltend zu dieſem Verſuche angewandt hat, in welchem Falle die Erſcheinung, auch ohne Eiſen, bei bloßer Gegenwart von Queckſilber und Kochſalzlöſung von Statten geht. Größere Kryſtalle gerathen übrigens nicht in jene wirbelnde Bewegung, ſondern nähern ſich ruckweiſe dem Eiſen, bis ſie dieſes erreicht haben.

Das Queckſilber wird ſchon an und für ſich in eine zuckende Bewegung verſetzt, wenn man es unter Salzlöſungen mit Eiſen berührt; auch finden dabei in den Salzlöſungen Strömungen Statt, wie man dies durch ein wenig hineingeſchüttete Pfeifenerde ſichtbar machen kann. Dieſe Erſcheinungen haben aber mit denen beim Kupfervitriol nichts gemein, und können auch mit ihnen nicht verwechſelt werden.

Die Bewegungen des Kupfervitriols ſind zugleich mit einer beſchleunigten Auflöſung deſſelben verbunden. Von zweien Kryſtallen, von denen der eine achtmal größer war als der andere und der erſtere auf dem Queckſilber, der andere aber neben demſelben lag, wurde jener, nämlich der größere, während der Berührung des Queckſilbers mit dem Eiſen, zweimal ſchneller aufgelöſt als der kleinere. Gleich dem Eiſen ſetzen Kupfer, Blei, Wismuth, Zink den Kupfervitriol in Bewegung, wenn man mit ihnen das unter der Kochſalzlöſung befindliche Queckſilber berührt. Antimon, Gold, Silber, Platin bringen dagegen keine Veränderung hervor.

Eine Auflöſung des Kochſalzes ſcheint bei Berührung des Queckſilbers mit Eiſen die ſtärkſten Bewegungen des Kupfervitriolkryſtalles zu veranlaſſen, und zwar um ſo ſtärkere, je concentrirter ſie iſt. Löſungen von Salmiack, ſalzſ. Kali, ſalzſ. Thonerde u. ſ. w. wirken ſchwach, mehrere andere Salzauflöſungen gar nicht *.

---

* Vergl. Pogg. Ann. VIII. 110.; wo auch die Wirkungen der Säuren und die analogen Erſcheinungen bei verſchiedenen andern Salzkryſtallen außer Kupfervitriol erörtert ſind.

Auf einem Kupferamalgam, das mit Kochſalzlöſung übergoſſen worden, bewegte ſich ein Kupfervitriolkryſtall, ohne Mitwirkung von Eiſen oder einem andern Metalle, eben ſo wie unter andern Umſtänden auf dem mit Eiſen berührten reinen Queckſilber.

Auch wenn man ein Amalgam von Queckſilber mit ein wenig Zink mit einer verdünnten Queckſilberſublimatauflöſung übergießt und alsdann einen Queckſilberſublimatkryſtall auf die Fläche des Amalgams bringt, entſtehen (nach Poggendorff) ungemein heftige Bewegungen, ſo lange als noch Zink im Queckſilber aufgelöſt iſt; alsdann überzieht ſich dieſes mit einer Haut von Calomel und die Bewegungen hören auf.

Schließlich mag noch eine neuerdings von Kemp * beobachtete merkwürdige Erſcheinung erwähnt werden, von der es allerdings fraglich iſt, in wie weit ſie mit den vorigen in Bezug ſteht.

Nachdem er eine gewiſſe Menge Zink (ungefähr den 30ſten bis 50ſten Theil) in Queckſilber aufgelöſt hatte, ſchüttete er einen Theil deſſelben in ein ſchlankes Glasgefäß und füllte den übrigen Raum mit ziemlich ſtarker wäßriger Salzſäure, dann ſtellte er blanke Metalldrähte in das Gefäß ſenkrecht ſo auf, daß ſie mit ihrem untern Ende in das Amalgam eintauchten. In demſelben Momente, wo die Drähte das Amalgam berührten, entwickelte ſich Waſſerſtoffgas in reichlicher Menge an denſelben, und das Queckſilber fieng gleichzeitig an, an den Drähten emporzuſteigen, und hörte damit nicht eher auf, als bis es die Höhe erlangt hatte, bis zu welcher die Flüſſigkeit in dem Glasgefäße ſtand; war dieſe Höhe erreicht, ſo fand kein weiteres Steigen des Queckſilbers Statt. In welcher Form aber auch der Draht gebogen werden mag, jederzeit folgt das Queckſilber demſelben ſo weit, als er ſich unter der Oberfläche der Miſchung von Salzſäure und Waſſer befindet. Hiebei überzieht das Queckſilber die Drähte keineswegs blos oberflächlich, ſondern es dringt bis zum Mittelpuncte derſelben ein, wenn ihm Zeit genug dazu gelaſſen wird, und durchdringt überhaupt jedes Theilchen des Drahtes, wie denn auch innerhalb der verdünnten Salzſäure keine Gränze Statt zu finden ſcheint, bis zu welcher Höhe das Aufſteigen des Queckſilbers ſich fortſetzt. Wird eine gewiſſe Menge fettes oder ätheriſches Oel auf die ſaure Flüſſigkeit geſchüttet, ſo ſetzt ſich die Verbindung des Queckſilbers mit dem Drahte nicht durch jene Flüſſigkeit fort, ſondern überſteigt nie das Niveau der Säure.

Bei dieſem Acte wird das im Queckſilber befindliche Zink oxydirt, und löſt ſich in der ſauren Flüſſigkeit auf; und läßt man ihm hinlängliche Zeit, ſo wird man es von ſchönem kryſtalliniſchen Anſehen auf der Oberfläche des Drahtes abgeſetzt finden. Wenn die Thätigkeit ihr Ende erreicht hat, ſo wird das übrige Queckſilber in urſprünglich reinem Zuſtande zurückbleiben.

---

*. Schweigg. J. LVI. 116.

Platin-, Gold-, Silber-, Kupfer-, Messing-, Zinn-, Eisen-, Zink- und Stahldrähte wurden diesem Prozeß unterworfen, und bei allen stieg das Quecksilber empor, aber in verschiedenen Graden der Geschwindigkeit. Als ein Platin-, ein Kupfer-, ein Eisen- und ein Zinkdraht, jeder vier Zoll lang, in das Amalgam gestellt wurden, stieg das Quecksilber innerhalb eines Zeitraums von 8 Minuten bis zur Spitze des Zinkdrahtes, innerhalb 14 Minuten bis zur Spitze des Kupferdrahtes, und beim Platin- und Eisendrahte brauchte es ungefähr gegen eine Minute länger Zeit. Es ist dieses Aufsteigen indeß keineswegeg immer gleichförmig, am Zink aber steigt es jederzeit am raschesten empor. Wendet man eine concentrirte Mischung von Salzsäure mit Wasser an, oder steigert man die Temperatur des Ganzen: so steigt das Quecksilber rascher an den Drähten empor, und offenbar steht es in genauem Verhältnisse mit der chemischen Thätigkeit auf der Oberfläche der Metalldrähte.

Siebenunddreißigstes Capitel.

Ketten aus zwei oder mehrern flüssigen und Einem festen Leiter. Elektromotorisches Verhältniß der Flüssigkeiten. Elektricität bei chemischen Wirkungen.

Die gewöhnlichsten Combinationen, deren wir uns zur Hervorbringung galvanischer Wirkungen bedienen, werden allerdings aus zwei festen und einem flüssigen Leiter zusammengesetzt; allein man kann auch eben sowohl wirksame Ketten durch Combination zweier flüssigen mit einem festen Leiter zusammensetzen.

Betrachten wir zuvörderst von den Ketten dieser Art diejenigen, welche durch Combination zweier flüssigen Leiter mit einem festen, auf den beide keine chemische Einwirkung haben, hervorgehen; welcher Fall für die Theorie der einfachste scheint, wie sich nachher ergeben wird; beschränken uns jedoch jetzt auf das Thatsächliche dieser Ketten.

Man kann die Wirksamkeit dieser Ketten auf die einfachste Weise mittelst des Multiplicators nachweisen und zwar auf eine der folgenden Arten; wobei wir Kali und Schwefelsäure als Beispiel wählen wollen.

Man tränke eine Tuch- oder Papierscheibe mit dem Kali, eine andre mit der Schwefelsäure, die, damit sie nicht zu schnell zerfressend einwirken, etwas verdünnt seyn müssen. Man appliciere diese Scheiben respectiv auf zwei Platinbleche, die mit den Enden des Multiplicators in Verbindung sind, und setze darauf die feuchten Scheiben selbst unter einander in Berührung, indem man die Platinbleche mit ihren feuchten Belegungen auf einander drückt. Es

wird augenblicklich ein lebhafter Strom entstehen, welcher die Richtung: Kali, Säure, Platin, Multiplicator, Platin, Kali hat.

Auf eine andre Weise kann man verfahren, indem man eine, unten mit thierischer Blase zugebundene, Glasröhre in ein weites Gefäß setzt, und in die Röhre Kali, in das Gefäß Schwefelsäure gießt, oder umgekehrt, darauf die Platinenden des Multiplicators respective in die beiden Flüssigkeiten taucht. Die Blase verhindert keineswegs die Communication beider Flüssigkeiten, die vielmehr langsam durch sie hindurch sich vereinigen, verzögert aber ihre schnelle Mischung. Der Erfolg ist hier wie vorhin. Endlich kann man auch so verfahren, daß man die respectiven Flüssigkeiten in zwei Gefäße gießt, die man durch Asbest oder Baumwollenfasern, oder eine Heberröhre, welche entweder mit einer von beiden Flüssigkeiten oder, was denselben Erfolg, wenn auch mit minderer Stärke gewährt, mit Wasser gefüllt wird, in Verbindung setzt, und in die man die Platinenden des Multiplicators eintaucht *.

In allen diesen Fällen hat man eine Kette von dem Schema Fig. 58, indem der Multiplicatordraht, der zwischen beide Platinbleche tritt, zufolge des früher Erörterten nur ein gleichgültiges Zwischenglied ausmacht.

Man kann statt Kali im vorigen Versuche ein beliebiges Alkali oder auch Kalkwasser und statt der Schwefelsäure eine beliebige Säure (mit Ausnahme jedoch wahrscheinlich der Schwefelwasserstoffsäure und anderer stark desoxydirenden Säuren) substituiren; stets wird man den Strom die im angegebenen Schema bezeichnete Richtung verfolgen sehen; auch kann man dem Alkali statt der Säure Wasser oder umgekehrt der Säure statt des Alkali Wasser entgegensetzen; so wird der Strom noch die angegebene Richtung verfolgen.

Um überhaupt eine Uebersicht von Fällen zu erhalten, worin deutliche Strömung erfolgt, kann folgende Tabelle dienen, die ich nach Walcker's und meinen eignen Versuchen entworfen habe.

Es verhält sich bei Schichtung mit Platin wie

Alkali	gegen	Säuren, (Wasser, Chlor, Metallsalzlösungen).
Wasser	—	Mineral-Säuren **, Chlorauflösung.
Schwefelleberlösung	—	Wasser, Alkalilösungen, Säuren, Chlor, Metallsalzlösungen.

* Es lassen sich auch schnell verschwindende Strömungen dieser Art dadurch hervorrufen, daß man z. B. ein Platinblech (am Ende des Multiplicators) in eine Flüssigkeit taucht, herauszieht, und mit der anhangend gebliebenen Schicht Flüssigkeit in eine andere Flüssigkeit taucht, worin noch ein am andern Ende des Multiplicators befestigtes Platinblech befindet.

** Mit Kleesäure und Wasser habe ich keinen Strom zu erhalten vermocht. — Nach Becquerel soll Salpetersäure gegen Wasser umgekehrt als gegen die andern Mineralsäuren verhalten. Ich habe bei wiederholten Versuchen mich vom Ungrunde dieser Angabe überzeugt.

Eiſenblauſ. Kali gegen Metallauflöſungen.
Verdünnte Säure — concentrirte.
Concentrirtes Alkali — verdünntes.

Zu den Data dieſer Tabelle, welche wir beſonders herausgehoben haben, weil ſie vorzüglich deutliche Wirkungen geben oder von beſonderer theoretiſcher Wichtigkeit ſind, fügen wir noch folgende Angaben von Walker, ebenfalls für Platin geltend *:

Wir Alkali	gegen	Säure.
Concentrirte Salzſäure, Kochſalz, Eſſigſ. Baryt, Eſſigſ. Blei		Concentrirte Schwefelſäure.
Schwefelſ. Kupfer, Schwefelſ. Zink		Verdünnte Schwefelſäure.
Conc. Schwefelſäure, Schwefelſ. Kupfer, Salpeterſ. Kupfer		Conc. Salpeterſäure.
Eiſenblauſ. Kali		Salzſaures Kali.
Ammoniak, Kohlenſ. Natron		Salzſaurer Baryt.
Schwefelſ. Kupfer		Salzſ. Kalk.
Salzſ. Natron		Salzſ. Zink.
Conc. Schwefelſäure, Verdünnte Schwefelſ. (½ conc. haltend), Alkalilaugen, Eiſenblauſaures Kali, Schwefelammoniak, Galläpfeltinktur		Salzſaures Eiſenoxyd.
Conc. Schwefelſäure		Aetzſublimat.
Salzſ. Kali, Salzſ. Natron, Salzſ. Zink, Salzſ. Eiſenperoxyd, Salzſäure		Salzſ. Goldperoxyd.
Salzſ. Kali, Salzſ. Natron, Salzſ. Ammoniak		Salzſ. Platinperoxyd.
Ammoniak, Schwefelſ. Kali		Schwefelſ. Thonerde (conc.).

* Ohne Berückſichtigung des Concentrationsgrades der Löſungen.

Ammoniak	Kupfervitriol.
Baſ. kohlenſ. Natron .	
Bicarbonat von Natron	
Salpeterſ. Kali . . .	Salpeterſaures Kupfer.
Salzſäure	Salpeterſaures Silber.
Eſſigſäure	
Salzſ. Natron . . .	
Salpeterſ. Kali . .	
Eſſigſ. Kali . . .	
Conc. Kochſalzlöſung . .	verdünnte Kochſalzlöſung.

Keine elektriſche Strömung konnte Walker bemerken bei Combination der Löſungen von

Salzſ. Baryt . .	mit	Conc. Schwefelſäure.
		Verdünnter Schwefelſäure.
		Salzſ. Kali.
		Schwefelſ. Kali
		Schwefelſ. Natron.
		Kohlenſ. Natron.
		Phosphorſ. Ammoniak.
		Eiſenblauſ. Kali.
Eſſigſaurem Baryt	mit	Schwefelſ. Kali.
Salzſaurem Kali	—	Kohlenſ. Natron.
Aetzſublimat	—	Blauſäure.

Es iſt ein ſehr bemerkenswerther Umſtand, daß die Stärke der Strömung in gar keinem directen Verhältniſſe zur chemiſchen Wirkung, welche zwiſchen den Flüſſigkeiten Statt hat, zu ſtehen ſcheint, oder vielmehr, es ſcheint, als ob eine ſtarke Strömung zwar eine ſtarke chemiſche Wirkung erfoderte, aber nicht umgekehrt eine ſtarke chemiſche Wirkung zwiſchen den in Berührung gebrachten Flüſſigkeiten auch nothwendig eine ſtarke Strömung zur Folge habe. So findet bei der lebhaften einfachen oder Doppelzerſetzung der Blauſäure mit Aetzſublimat und der Barytſalze mit Schwefelſäure oder ſchwefelſ. Salzen gar keine Strömung Statt, dagegen eine lebhafte Strömung bei der doppelten Zerſetzung, welche das eiſenblauſ. Kali mit den Metallſalzlöſungen eingeht, erfolgt; und man weiß bis jetzt durchaus noch keinen Grund anzugeben, worauf dieſer Unterſchied beruht. Auch verdient noch der Umſtand bemerkt zu werden, daß ſelbſt unter den günſtigſten Umſtänden die Stärke der Strömungen, die man durch Combination zweier Flüſſigkeiten mit Platin erhält, bedeutend ſchwächer ausfällt, als wenn man Kupfer und Zink mit einem mäßig guten Leiter ſchichtet.

Endlich möchte es beſonders wichtig ſeyn, darauf aufmerkſam zu machen, wie die Richtung der poſitiven Strömung in dieſer Art Ketten conſtant mit der Richtung zuſammenzufallen ſcheint, nach welcher ſich die elektropoſitive Flüſſigkeit, indem ſie ſich mit der

andern zu mischen oder chemisch zu verbinden strebt, hinbewegt, was sehr gut mit der von uns gegebenen Theorie der wirksamen Kette stimmt; zufolge deren ohne Bewegung der Bestandtheile überhaupt keine wirksame Strömung möglich seyn würde (vergl. S. 331 ff.); wo aber eine solche Bewegung Statt finden kann, die Richtung der (positiven) Strömung nothwendig stets, dem Gange der positiven Elemente folgen muß. Nur würde in dieser Art Ketten die Strömung nicht von dem Gange der sich zersetzenden, sondern der sich verbindenden Bestandtheile abhängen.

Da die Erklärung der Wirkungsart dieser Ketten noch vielem Streite unterliegt, indem namentlich der Punct, ob die elektrometerische Erregung der Strömung hier in der Berührung der ungleichnamigen flüssigen Leiter mit den festen, oder der flüssigen Leiter unter einander oder beiden Umständen zugleich begründet liege, fast von jedem Physiker anders dargestellt wird, so kann es nicht überflüssig seyn, einige nähere Erörterungen über die Bedingungen beizufügen, die bei der Erklärung derselben berücksichtigt werden müssen, wenn man theils mit den übrigen Grundansichten über diese Gegenstände, theils Erfahrungen in Uebereinstimmung bleiben will.

Zuvörderst lehren unzweifelhafte Erfahrungen, daß wirklich eine, für den Strom in Wirkung tretende, Elektricität sowohl durch Berührung flüssiger Körper mit festen, als flüssiger Körper mit flüssigen erregt zu werden mag. Dergleichen Erfahrungen sind folgende:

Wenn man eine Combination in folgender Art bildet

Kupfer oder Platin
Feuchte Scheibe
Kupfer
Feuchte Scheibe
Zink
Feuchte Scheibe
Kupfer oder Platin

worin die äußersten Kupfer- oder Platinplatten durch den Multiplicator in Verbindung stehen, so hat man eine Reihe Glieder, in welcher nirgends zwei ungleichartige feste Leiter mit einander in Berührung stehen, sondern blos feste mit flüssigen. Dessenungeachtet wird hier ganz bestimmte Strömung erfolgen, in der Richtung wie sie durch den bei der Klammer, die den Multiplicatordraht vorstellt, beigezeichneten Pfeil angedeutet ist, wiewohl sie ohne Vergleich schwächer ist, als wenn man das mittlere Zink und Kupfer direct durch den Multiplicator verbände *.

* Walker hat das Wirkungsvermögen dieser Art Ketten bestritten; — ich habe indeß so bestimmte und stets gleich wiederkehrende Erfolge, auch bei Anordnungen in Form von Trogapparaten, erhalten, um mich über ihre Uebereinkunft mit Wechsum-

Man fülle andererseits zwei kleine Gläser, die wir A und B nennen wollen, mit einer Auflösung von Salpeter an und tauche die Platinenden des Multiplicators hinein. Man nehme ein drittes Gefäß C und gieße etwas Salpetersäure hinein. Man bewerkstellige die Communicationen mittelst zweier Bogen von Asbest oder Baumwolle, die mit der Lösung der Gefäße A und B getränkt sind, und zwar auf folgende Weise: durch einen dieser Bogen setze man die Salpetersäure des Gefäßes C mit der Flüssigkeit in A in Verbindung; halte den zweiten Bogen in der Hand, nachdem man an eins seiner Enden einen kleinen Stab kaustisches Kali angebracht hat, der zuvor schwach mit Auflösung, wie sie in den Gefäßen A und B enthalten ist, befeuchtet wird. Endlich bringe man das Alkali mit der Säure in Berührung, während man zugleich das andere Ende des Bogens in das Gefäß B taucht. Es wird ein Strom erfolgen, der in der Flüssigkeit vom Alkali zur Säure geht; und dieser Strom wird auch dann noch Statt haben, wiewohl viel schwächer, wenn man das Alkali im flüssigen Zustande anwendet.

Um einen gelungenen Erfolg bei diesem Versuche zu beobachten, muß man sich eines sehr empfindlichen Multiplicators bedienen; und wahrscheinlich lag es an der Nichtbeachtung dieses Umstandes, daß Davy * keinen Erfolg davon erhalten konnte. Die Versuche Nobili's und Becquerel's ** lassen jedoch über die Wirklichkeit desselben keinen Zweifel übrig.

Es erhellt, daß bei letzterm Versuche, wo man das Alkali in flüssigem Zustande anwendet, nirgends ein Metall mit ungleichartigen Flüssigkeiten in Berührung ist, mithin kann der Erfolg hier nur von der Berührung der ungleichartigen Flüssigkeiten unter einander abhängen.

Nun wissen wir, daß durch Combination von beliebigen Körpern, die aber unter dem Gesetz der allgemeinen galvanischen Spannungsreihe stehen, nie eine continuirliche Strömung hervorgebracht werden kann, und der Umstand, daß die Flüssigkeiten in dieser Hinsicht sich mit den festen Leitern gleich verhalten, so lange keine Bewegung ihrer Bestandtheile eintritt, deutet an, daß sie an sich allerdings mit den festen Körpern unter Einer Spannungsreihe begriffen sind, so daß die Strömung nur eine Folge der Bewegung ihrer Bestandtheile selbst ist. Wie wäre es auch sonst möglich, daß die Flüssigkeiten die Richtung der Strömung, wie sie von der Beschaffenheit der Metalle abhängt, nie umkehrten, so lange sie die Metalle selbst unverändert lassen.

---

heit behaupten zu können. Ueberdieß führt schon Humboldt in s. Versuchen über gereizte Muskel- und Nervenfaser diese Kettenanordnungen als wirksam bei hoher Reizbarkeit der Froschorgane auf.

* Ann. de Ch. et de Phys. XXXVIII. 230.

** Ann. de Ch. et de Ph. 1827. Jan. 113.

Nach diesen Vordersätzen können wir denn nicht umhin, anzunehmen, daß in Ketten aus zwei flüssigen und einem festen Leiter blos ein Gleichgewichtszustand eintreten würde, wie er bei Ketten aus drei festen Leitern Statt findet, so lange nicht eine Bewegung der Bestandtheile der Flüssigkeiten oder dieser selbst erfolgt; und die Richtung der positiven und negativen Flüssigkeiten oder ihrer Elemente muß die Richtung des entsprechenden Stroms bestimmen.

Wenn das Metall, mit welchem die Flüssigkeiten combinirt werden, nicht merklich von diesen angegriffen zu werden vermag, wie in den meisten Fällen, wenn man Platin anwendet *, so findet die Bewegung der Flüssigkeiten oder ihrer Elemente blos gegen einander Statt, und die Richtung der Strömung läßt sich dann in vielen Fällen leicht nach dem elektrischen Verhältnisse der Flüssigkeiten voraussehen. Können aber die Metalle von den Flüssigkeiten angegriffen oder verändert werden, so findet eine complicirte Wirkung Statt, indem sich die Flüssigkeiten oder ihre Bestandtheile dann nicht nur nach einander hin, sondern auch nach den Metallen zu bewegen werden, und es wird auf das Uebergewicht der Wirkungen ankommen, wohin der Strom seinen Weg nimmt, so daß sich, in Ermangelung eines bestimmten vergleichbaren Maßes dieser Wirkungen, im Allgemeinen bei den Ketten dieser Art, wo zwei Flüssigkeiten mit einem Metalle, auf das sie beide oder eine derselben einzuwirken vermögen, combinirt werden, die Richtung des Stroms nicht mit Sicherheit wird voraus bestimmen lassen.

Dies sind die Prinzipien, die uns, um im Zusammenhange mit dem übrigen Gange unserer Darstellung zu bleiben, auf die Ketten dieser Art scheinen angewendet werden zu müssen, wobei wir jedoch gern zugeben, daß Andere, welche von andern Grundansichten ausgehen, auch wohl andere Repräsentationsarten ihrer Wirkungen auffinden können.

Nach diesen theoretischen Erörterungen gehen wir zur erfahrungsmäßigen Angabe der Strömungsrichtungen in den Combinationen aus zwei flüssigen Leitern mit einem festen, der von diesen Leitern merklich angegriffen zu werden vermag, über, so weit sie bis jetzt untersucht sind **. Ich bemerke, daß allerdings unter den hier anzuführenden Combinationen mehrere vorkommen, bei denen nach der gewöhnlichen Annahme das Metall nicht von der Flüssigkeit angegriffen werden kann, so bei der Combination:

Silber | Salzsäure | Wasser | Silber

* Genau genommen, scheint selbst die Oberfläche des Platins von den stärkern Säuren eine Veränderung zu erfahren.

** Ich übergehe mehrere vereinzelte Angaben von Davy in Gilb. XI. 392; Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 298. — De la Rive in Ann. de Ch. et de Ph. XXXIX. 392.

wo der Strom in der Flüssigkeit die durch den untern Pfeil bezeichnete Richtung hat. Indeß muß erinnert werden, daß man die Nichtangreifbarkeit der edlen Metalle durch die meisten Säuren in der Regel viel zu unbedingt aus ihrer bloßen Unauflöslichkeit darin schließt, da doch ihre Oberflächen in der Regel merklich nachweisbare Veränderungen dadurch erfahren, wie wir im Anhange IV sehen werden; auch hat man neuerdings gefunden, daß das Silber selbst durch Kochsalzauflösung merklich angegriffen zu werden vermag *.

Bei Poggendorff's Versuchen ** waren die Flüssigkeiten jedesmal in Tuch- oder Pappscheiben zwischen zwei Platten des nämlichen Metalls enthalten, womit die Enden des Multiplicatordrahts in Verbindung gesetzt wurden. Der Strom verfolgte dann jedesmal die Richtung, wie sie die Ordnung der aufgeführten Substanzen selbst andeutet, ging also bei 1) successiv vom Zink durch Schwefelsäure, Wasser, anderes Zink, Multiplicatordraht zum ersten Zink zurück. Das Schwefelkali bei diesen Versuchen war in vier Theilen Wasser gelöst, die Schwefelsäure mit vier Theilen Wasser verdünnt, die Aetzammoniackflüssigkeit nach der Preuß. Pharmakopoe bereitet, angewandt. Stets wurde die Anfangs beobachtete Ablenkung der Magnetnadel genommen, die sich jedoch öfters bei längerer Schließung umkehrt.

1) Zink — Schwefelsäure — Wasser — Zink.
2) Zink — Aetzammoniack — Wasser — Zink.
3) Zink — Aetzkali — Wasser — Zink.
4) Zink — Ammoniack — Wasser — Schwefelsäure — Zink.
5) Zink — Salmiack — Wasser — Zink.
6) Zink — Glaubersalz — Wasser — Zink.

Kupfer und Blei, statt des Zinks in diese Ketten gesetzt, gaben dieselben Resultate.

7) Silber — Ammoniack — Wasser — Silber.
8) Silber — Salzsäure — Wasser — Silber.
9) Silber — Ammoniack — Wasser — Salzsäure — Silber.
10) Gold — Ammoniack — Wasser — Gold.
11) Gold — Salzsäure — Wasser — Gold.
12) Gold — Ammoniack — Wasser — Salzsäure — Gold.
13) Kohle — Wasser — Schwefelsäure — Kohle.
14) Kohle — Ammoniack — Wasser — Kohle.
15) Kohle — Ammoniack — Wasser — Schwefels. — Kohle.

* Ich selbst habe beobachtet, daß sich in der obigen Kette in der (eisenhaltigen) Salzsäure das (aus Chlorsilber reducirte) Silber allmälig ganz schwärzte. Uebrigens mag auch wohl bei Ketten dieser Art die Schließung zur Kette selbst Bedingungen zur Angreifbarkeit der Metalle entwickeln, die außer ihr nicht Statt finden.

** Annal. Bd. 1831. Heft 9. S. 793.

16) Graphit — Waſſer — Ammoniack — Graphit.
17) Graphit — Waſſer — Schwefelſäure — Graphit.
18) Graphit — Ammoniack — Waſſer — Schwefelſ. — Graphit.
19) Zink — Waſſer — Schwefelkali — Zink.
20) Zink — Schwefelſäure — Waſſer — Schwefelkali — Zink.
21) Kupfer — Schwefelkali — Waſſer — Kupfer.
22) Kupfer — Schwefelkali — Waſſer — Schwefelſ. — Kupfer

Blei, Zink, Silber und Eiſen auf gleiche Art mit Schwefelkali und Waſſer, oder Schwefelkali, Waſſer und Säure geſchichtet, gaben Abweichungen der Nadel, die mit denen des Kupfers hinſichtlich der Richtung zuſammenfielen.

Zu dieſen Reſultaten ſind diejenigen zu fügen, welche Pfaff* durch Aufbau von Säulen aus abwechſelnden Schichtungen von Metall, deſtillirtem Waſſer und einer andern Flüſſigkeit erhielt, wobei die Flüſſigkeiten ebenfalls in Pappſcheiben enthalten waren, alſo z. B. nach folgendem Schema:

Zink
Kalilauge
deſt. Waſſer
Zink
Kalilauge
deſt. Waſſer
Zink
Kalilauge.

Die Elektricität der Pole dieſer Säule ward geprüft, und Folgendes hiebei gefunden:

A. 1. Bei conc. Aetzkali von 1,376 ſpec. Gewicht iſt der Metallpol, welches Metall auch angewandt wird (Zinn, Zink, Antimon, Kupfer und Blei, Wismuth, Queckſilber, Silber, kryſt. Braunſteinerz, Eiſen)**, ſtets negativ, der Alkalipol poſitiv***.

2. Die negative El. des Metallpols bei 1. iſt im Allgemeinen um ſo ſtärker, je näher das Metall dem poſitiven Ende der gal-

---

* Gilb. Ann. XXVIII. 239. — In größerer Ausführlichkeit ſind die Verſuche enthalten in Schles J. V. 82.

** Die Metalle in den Einſchaltungen ſind immer nach dem ſtärkern Grade der elektrometeriſchen Wirkſamkeit geordnet.

*** Die Wirkung ſämmtlicher Metalle, mit Ausnahme des Silbers, Braunſteinerzes und Eiſens war im erſten Augenblicke außerordentlich ſtark und die Säulen aus Zinn oder Zink mit Aetzkali übertrafen ſelbſt in den erſten Minuten die wirkſamſten metalliſchen Säulen aus Silber und Zink; doch ſank die Wirkung ſehr bald; bei Zink hielt ſie ſich am längſten. Kupfer ſo wie Blei zeigten ſchon nach 2 Stunden, auch in Säulen von 4 bis 6 Abwechſelungen, keine merkliche Wirkung mehr. Beſondere Bemerkung verdient das Verhalten des Eiſens, indem dieſes zwar Anfangs negative El. zeigt, die aber allmälig durch Null in ſtärkere poſitive übergeht.

vaniſchen Spannungsreihe ſteht, und namentlich mit dem Zinn und Zink am allerſtärkſten; — doch finden einige Ausnahmen Statt, indem z. B. das Eiſen von allen Metallen die ſchwächſte Spannung zeigt.

3. Bei allen Graden der Verdünnung des Aetzkali bleibt doch ſtets der Alkalipol negativ, der Metallpol poſitiv, wenigſtens für die erſte Zeit nach dem Aufbau der Säule *.

4. Die elektriſche Spannung bleibt dieſelbe der Art nach auch nach mehrern Stunden der Einwirkung des concentrirten Alkali's auf die Metalle; doch nimmt ſie an Stärke immer mehr ab. Nur das Eiſen verändert ſeine Anfangs negative Spannung allmälig in die poſitive.

5. Gegen die conc. Aetznatronlauge verhalten ſich alle Metalle völlig wie gegen conc. Aetzkalilauge, nur iſt die Wirkung etwas ſchwächer.

B. 6. Eben ſo wie die ätzenden fixen Alkalien verhält ſich die Aetzammoniackflüſſigkeit (von 0,918 ſp. Gew.) und die conc. ätzende Kalkmilch mit allen Metallen, nur mit Ausnahme des Antimonmetalls für das erſtere, und des Eiſens für das letztere, bei deren Anwendung der Metallpol poſitiv wird **.

C. 7. Mit der Kali- ſo wie Ammoniackſchwefelleber *** wird der Metallpol, welches Metall man auch anwenden mag, ſtets negativ, der Schwefellederpol poſitiv †, die ſchwächſte

---

* Bei der Verdünnung obiger conc. Aetzkalilauge mit der Hälfte ihres Gewichts Waſſer war die Spannung kaum ſchwächer. Eine ſolche Säule aus Zink hatte aber bereits nach 6 Stunden ihre Polarität umgekehrt. Bei der Verdünnung mit dem 3- bis 4fachen Gewicht Waſſer war ſie aber bereits merklich ſchwächer und nahm mit der Verdünnung immer mehr ab, bis endlich bei einer unendlich ſtarken Verdünnung alle Säulenwirkung aufhörte. — Uebrigens verſichert Ritter mit Beſtimmtheit, und nach vielfachen Verſuchen mit Froſchſchenkeln (Syſtem der el. Körper), daß in Säulen aus Zink, verdünnter Kalilauge und Waſſer der Alkalipol ſtets negativ ſey, während er bei conc. Kalilauge (in Uebereinſtimmung mit Pfaff) poſitiv ſey.

** Sieben Abwechslungen von Antimon und Ammoniackflüſſigkeit mit Waſſer zeigten eine höchſt ſchwache poſitive Spannung. Mit Zink war die (negative) Wirkung bei Weitem am ſtarken; Kupfer wirkte kaum halb ſo ſtark. Eiſen hatte nur eine äußerſt ſchwache Wirkung. — Die Wirkung der Metalle mit der Kalkmilch war im Ganzen ſehr ſtark, beſonders die Wirkung des Zinns und Zinks. Die Wirkung dieſer beiden Metalle mit der Kalkmilch ſank aber ziemlich ſchnell, während ſich die von Silber längere Zeit hindurch unabgeſchwächt erhielt. Eiſen, Blei, Wismuth, Antimon wirkten mit dem, durch Befeuchten mit Waſſer zerfallenen, Kalk ſtärker, als mit der Kalkmilch. Mit dem nicht bis zur Conſ. eines Breies befeuchteten Kalk wirkte Zink noch wie mit dem trockenen Kalk poſitiv. Eiſen behauptete ſeine poſitive Polarität auch bei der ſtärkſten Verdünnung.

*** Die geſättigte Auflöſung von ſchwefelwaſſerſtoff. Ammoniack verhielt ſich völlig wie die Schwefelleberlöſung, nur war die el. Spannung mit jenem im Ganzen ſtärker.

† Auch Davy fand dieſes Reſultat. Kupfer iſt nach ihm in ſolchen Verbindungen wirkſamer als Silber, und Silber wirkſamer als Blei. (Gilb. XI. 391.)

Erregung findet bei Zink, die ſtärkſte bei Braunſtein Statt. Kupfer und Blei und Zinn ſcheinen im Verlauf ihre Polarität in die poſitive umzukehren *.

D. 8. Bei Anwendung von Kalk, der mit Waſſer zu Pulver gelöſcht iſt, wird der Metallpol, wenn er aus Eiſen, Zink oder Silber beſteht, poſitiv, und wenn er aus andern Metallen beſteht, negativ; auch iſt die Ordnung, in welcher ſie hiebei ihrer Stärke nach auf einander folgen, etwas verſchieden von der, die ſie mit der Kalkmilch befolgen.

E. 9. Mit kohlenſ. Kali wird der Metallpol bei Anwendung von Eiſen gleich im Anfange poſitiv, bei Anwendung von Zink und Zinn zwar Anfangs negativ, nach einiger Zeit aber gleichfalls poſitiv.

10. Mit dem Bicarbonat von Ammoniack in einer ganz geſättigten wäßrigen Auflöſung wird der Metallpol jedenfalls negativ, außer bei Anwendung von Eiſen.

F. 11. Mit der conc. Schwefelſäure (von 1,887 ſp. G.) und der conc. rothe Dämpfe ausſtoßenden Salpeterſäure (von 1,460 ſpec. Gew.) iſt der Metallpol bei allen Metallen poſitiv **.

---

* Sämmtliche Säulen mit der Schwefelſäure ſanken ungemein ſchnell in ihrer Wirkſamkeit. Die Wirkung des Silbers war im erſten Augenblicke ſo ſtark, als die irgend zweier Metalle, die am günſtigſten mit einander wirken, ſank aber gleichfalls ſehr ſchnell. Nach zwei Stunden zeigte keine von dergleichen Säulen, wenn ſie nur aus wenigen Abwechſelungen beſtand, eine merkliche Wirkung mehr.

** Die Wirkung der concentrirten, ſowohl der rauchenden als der von ihrem rauchenden Weſen befreiten und durch Deſtillation gereinigten Schwefelſäure war, verglichen mit derjenigen der Alkalien, äußerſt ſchwach und ſehr bald verſchwindend. Nach 24 Stunden hatte ſich die Spannung des Zinks, ohne Zweifel in Folge der Anziehung der atm. Feuchtigkeit durch die Schwefelſäure umgekehrt und war nun auf Seiten des Zinks negativ. — Das Zinn verhielt ſich in fünf verſchiedenen Verſuchen mit Schwefelſäure ſehr verſchieden. In einem Verſuche mit der rauchenden Nordhäuſer Säure war letztere poſitiv, das Zinn negativ und dieſe Polarität hielt ſich 3 Stunden hindurch ungeändert; in einem zweiten Verſuche ſtellte ſich erſt nach einiger Zeit Polarität ein, auf Seiten des Zinns poſitive, auf Seiten der Säure negative, die ſich aber 24 Stunden hielt; in einem dritten Verſuche mit rectificirter ganz waſſerklarer übrigens höchſt concentrirter Säure war das Metall negativ, die Säure poſitiv, mit ziemlicher Intenſität, die nach drei Stunden faſt noch ungeſchwächt war; in einem vierten Verſuche war die Säure erſt poſitiv, mit ziemlicher Intenſität, die Polarität ſank dann auf Null herab und gieng dann in die umgekehrte über, die noch zunahm. Blei zeigte nicht gleich im erſten Augenblicke ſeine volle Spannung, ſondern dieſe nahm innerhalb 24 Stunden noch merklich zu.

Bei der concentrirten Salpeterſäure war die Wirkung mit dem Eiſen im Anfange außerordentlich ſtark, doch ſank ſie nach einer halben Stunde bis auf Null herunter und das Eiſen war im höchſten Grade oxydirt; auch mit dem Silber war die Wirkung noch ſtark genug, um ſo ſchwächer aber mit den übrigen Metallen und mit allen ſchnell vorübergehend. Zinn, das eine ſo höchſt ſchwache Wirkung zeigte, war deſſen ungeachtet aufs Stärkſte oxydirt.

12. Mit der verdünnten Schwefelsäure und der gewöhnlichen Salzsäure wird der Metallpol bei den meisten Metallen negativ, der Säurepol positiv *.

13. Die verdünnte Salpetersäure (von 1,150 sp. G.) läßt, wie die concentrirte, den Metallpol positiv werden **; nur das Eisen wird negativ ***.

14. Mit wäßrigem Chlor wird Zink, Zinn und Gold negativ †.

G. 15. Mit den Salzen von erdiger und alkalischer Basis, in welche Schwefelsäure oder Salpetersäure eingeht, wird der Metallpol positiv ††.

16. Mit denen hingegen, deren Säure Salpetersäure ist, wird der Metallpol positiv.

H. 17. Im Allgemeinen bringen diejenigen Metalle mit denjenigen feuchten Leitern die stärkste elektrische Spannung hervor, zwischen welchen der wirksamste chemische Proceß Statt findet.

Die hier angeführten Resultate Pfaff's über die Elektricität, welche Säulen aus zwei flüssigen und einem festen Leiter darbieten, hängen, wie leicht zu erachten, mit den vorigen genau zusammen, da es dieselben Umstände sind, welche die Richtung der Strömung in der geschlossenen Kette und die Richtung der Polarität in der ungeschlossenen Säule bestimmen. Man wird deshalb diese Säulen auch nach denselben Grundsätzen zu beurtheilen haben, als wir vorher auf die geschlossenen Ketten angewandt hatten; und wenn daher in der Säule auf S. 458 der Alkalipol positive, der Zinkpol negative El. zu erkennen giebt, so dürfen wir hieraus nicht schließen, daß der Zink negativ gegen das Alkali sey, sondern bloß, daß eine Be-

---

* Bei verdünnter Schwefelsäure waren negativ: Zinn, Zink, Eisen, Silber; positiv: Blei, Kupfer. Bei Salzsäure negativ: Kupfer, Silber, Zinn, Zink, Wismuth; positiv: Antimon, Eisen.

Mit der verdünnten Schwefelsäure wirkten die Metalle viel stärker und anhaltender, als mit der concentrirten. Die Hälfte Wasser, womit die Schwefelsäure verdünnt war, schien das Maximum der Wirkung hervorzubringen; eine stärkere Verdünnung schwächte den Effect, doch nicht sehr auffallend, und Schwefelsäure mit dem 12fachen Gewicht Wasser verdünnt wirkte mit Eisen beinahe noch eben so stark, wie mit dem einfachen Gewichte Wasser verdünnt.

Mit der Salzsäure zeigten nur Kupfer und Silber schon bei wenigen Abwechslungen eine merkliche Spannung. Das Silber war ziemlich stark schwarz angelaufen. Sämmtliche Spannungen sanken sehr bald auf Null.

** Auch Davy führt dieses von der Combination des Zinns mit verdünnter Salpetersäure und Wasser an (Gilb. XL. 390).

*** Die umgekehrte Wirkung des Eisens bei concentrirter und verdünnter Salpetersäure beobachtete auch Ritter (cf. System. 23).

† Kupfer gab in vier Abwechslungen mit Chlor kaum eine Spur von Wirkung.

†† Hiemit ist das Resultat Davy's in Uebereinstimmung, daß in einer geschlossenen einfachen Kette aus Zink, (Zinn oder Kupfer), Kochsalzlösung, Wasser, Zink der Strom vom Zink durch die Salzlösung zum Wasser geht (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 321).

wegung von mehreren oder von stärker positiven Bestandtheilen nach der Richtung zu, wo der Zinkpol liegt, als nach der entgegengesetzten, Statt finde. Es kann vielmehr umgekehrt der Metallpol um so stärker negative El. zeigen, je positiver er sich selbst gegen die Alkalilösung verhält, weil er dann eine um so stärkere Bewegung der elektronegativen Bestandtheile der Alkalilösung nach sich hin bestimmen wird. Wie wir gesehen haben, entspricht diesem die Erfahrung.

Endlich können nach denselben Grundsätzen die Resultate beurtheilt werden, wenn man ein Metall mit blos Einer Flüssigkeit in Berührung setzt und die El., die es dabei annimmt, am Condensator prüft. Es wird hiebei ein wesentlicher Unterschied Statt finden, ob die Flüssigkeit das Metall anzugreifen vermag, oder nicht. Im letztern Fall wird man den reinen Erfolg der Berührung haben, gerade als wenn zwei Metalle zusammengebracht würden. Im ersten Fall aber geht die Elektricität, die der Bestandtheil, welcher an das Metall tritt, mit sich führet, an das Metall über * und modificirt dadurch die Elektricität, die es selbst durch Berührung mit der Flüssigkeit annimmt. Es läßt sich bis jetzt, wenigstens für die meisten Fälle, noch nicht theoretisch vorausbestimmen, in welchen Fällen die eine dieser entgegengesetzten Wirkungen über die andere die Oberhand behalten müsse; jedenfalls aber wird durch die aufgestellte Ansicht die gänzliche Bezuglosigkeit erklärlich, welche man zwischen den Anzeigen des Condensators bei Berührung flüssiger Körper mit festen, und ihrem, durch die Zersetzungen der Säule und andere Umstände erkannten, wahren elektromotorischen Verhältnisse findet.

Wir lassen jetzt die Beobachtungen hierüber selbst folgen, jedoch ihre Resultate nur als zusammengesetzte, was sie wirklich sind, geben **. Die große Sorgfalt und Ausführlichkeit, mit welcher Pfaff die Versuche hierüber angestellt hat ***, überhebt uns

---

* Oder, wenn man so will, bindet einen entsprechenden Antheil entgegengesetzter Elektricität.

** Daß man wirklich die Resultate mit feuchten Leitern am Condensator nicht nach denselben Prinzipien beurtheilen könne, als mit festen Leitern, erhellt schon einfach daraus, weil sonst in allen Fällen, wo der an das Metall des Condensators gebrachte feuchte Leiter ableitend mit dem Finger (oder einem andern feuchten Leiter) berührt wird — und dies ist stets nöthig bei diesen Prüfungen — eigentlich immer nur dieselbe Elektricität, nämlich die durch Berührung des Fingers mit dem Condensator erregte, zum Vorschein kommen könnte.

*** Sie finden sich in Gehl. Wört. IV. 635: „Ich habe — sagt Pfaff — in dieser Absicht alle Versuche Poggendorff's, Becquerel's und Pohl's mit der größtmöglichsten Sorgfalt und dankg wiederholt, so daß ich die Resultate, wie sie hier folgen, verbürgen kann." — Sein Verfahren war im Allgemeinen folgendes: Er bediente sich Condensatoren, deren jeder aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte bestand. Wollte er nun die el. Erregung irgend einer Flüssigkeit z. B. mit dem Kupfer untersuchen, so legte er eine mit derselben getränkte Pappscheibe auf die obere Kupferplatte des einen Condensatorz a, berührte die feuchte Pappe mit dem Finger, während zugleich die untere Zinkplatte desselben

der Anführung anderer, zum Theil viel zweideutigerer, Erfahrungen *.

Derselbe fand, daß wenn Kupfer und Zink mit folgenden, in Pappscheiben enthaltenen, Flüssigkeiten berührt werden, sie respective, das Kupfer positiv, das Zink negativ, mit folgenden Flüssigkeiten wurden, wobei die Flüssigkeiten in der Ordnung der Stärke ihrer elektrischen Erregung mit den Metallen auf einander folgen.

Kupfer positiv bei Berührung mit:	Zink negativ bei Berührung mit:
Schwefelsäure, mit 4 bis 8 Wasser verdünnt.	Schwefelsäure, eben so verdünnt.
Chlorkalk.	Verdünnte Salpetersäure.
Salmiack.	Liquides Chlor.
Verdünnte Salpetersäure.	Chlorkalk
Wasser.	Salmiak.
	Salpeter.
	Wasser.

Die stärkste positive Spannung, welche die verdünnte Schwefelsäure mit dem Kupfer hervorbringt, ist indeß nicht stärker, als die positive Spannung, welche das Zinn in Berührung mit dem Kupfer annimmt. Stärker ist dagegen die negative Erregung des Zinks durch die nämlichen Flüssigkeiten, und namentlich ist die mit der verdünnten Schwefelsäure eben so stark, als die negative Erregung des Kupfers mit dem Zink.

Eben so wie das Kupfer wurde auch Gold, Silber, Antimon, mit den angezeigten Flüssigkeiten positiv **, und ein übereinstimmendes Verhalten mit dem Zink zeigten dagegen Blei, Zinn, Kadmium, Eisen, welche damit negativ wurden.

Pohl, welcher hiemit wesentlich gleichartige Resultate gefunden hat ***, glaubte dadurch zu dem Schlusse berechtigt zu seyn, daß die Metalle in Bezug zu den Flüssigkeiten überhaupt in zwei große Classen, eine positive und negative zerfielen. Pfaff hat jedoch ge-

---

Condensators ableitend berührt wurde, daß die obere Kupferplatte dann auf, brachte sie an die auf das Goldblattelektrometer aufgeschraubte Kupferplatte des andern Condensators b, indem er zugleich die obere Zinkscheibe derselben ableitend berührte, setzte dann die Kupferscheibe von a wieder auf ihre Zinkplatte zurück, und wiederholte Alles wie das Erstemal. — Ganz gleiche Resultate erhielt Pfaff auch, wenn er die mit der Flüssigkeit getränkte Pappe zwischen die Finger nahm, die Kupferplatte des Condensators a damit berührte, dann die Gemeinschaft wieder aufhob und übrigens auf gleiche Weise verfuhr. Das Verfahren wurde dann auch so abgeändert, daß er auf eine mit der Flüssigkeit getränkte Pappe eine Kupferscheibe legte und diese mit der Flüssigkeit in Berührung brachte, während der befeuchtete Pappe ableitend berührt wurde, und es machte hiebei in der Größe der Spannung keinen Unterschied, ob die Pappscheibe und Kupferplatte nur eine Linie oder viele Zolle im Durchmesser hatte.

* Man findet sie überdies zusammengestellt in Gehlers Wörterb. IV. 616.

** Nach Davy auch Platin (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 289).

*** Proceß der galv. Kette. S. 14.

zeigt, daß dies Geſetz nicht allgemein ſey, denn er fand, daß alle von ihm unterſuchten Metalle, namentlich auch Kupfer und Silber, mit alkaliſchen Laugen und Schwefelleberauflöſungen eben ſowohl negativ * als Zinn und Zink werden, ein Erfolg, der eben ſo gut eintrat, wenn die mit dieſen Flüſſigkeiten getränkten Pappen noch naß, als wenn ſie gut abgetrocknet waren. Was die Stärke der negativen Ladung betraf, ſo zeigte ſie ſich bei Anwendung der Schwefelleber ſtärker bei den mehr negativen Metallen, dem Silber und Kupfer, als bei den mehr poſitiven; dagegen war die el. Erregung zwiſchen den alkaliſchen Laugen und den poſitiven Metallen, Zinn und Zink ſtärker, als zwiſchen erſteren und den mehr negativen Metallen, dem Silber und Kupfer. Weniger entſcheidend als mit den fixen ätzenden Alkalien fielen die Verſuche mit dem Ammoniack aus.

Iſt es mir erlaubt, aus den vorigen Erfahrungen einen vermuthungsweiſen Schluß zu ziehen, ſo möchte es der ſeyn, daß, da das Waſſer, die ſauren und ſalzigen Flüſſigkeiten im Allgemeinen die edlen Metalle wenig angreifen, und gerade dieſe poſitiv mit dieſen Flüſſigkeiten werden, daß überhaupt alle Metalle ſich an ſich poſitiv gegen dieſe Flüſſigkeiten verhalten, und daß, wenn die poſitiveren negative El. damit zeigen, dies davon herrühre, daß bei der chemiſchen Wirkung ein Ueberſchuß negativer El. vermöge daran abgeſetzter Beſtandtheile auf ſie übergeht; oder vielmehr ein größerer Antheil poſitiver El. durch dieſe Beſtandtheile in ihnen gebunden, als durch Berührung mit der ganzen Flüſſigkeit erweckt wird.

Es bleiben uns, um die Beziehung unſerer Theorie auf dieſe Claſſe von Erſcheinungen zu vervollſtändigen, noch einige Worte über die El., die bei chemiſchen Wirkungen überhaupt zum Vorſchein kommen kann, zu ſagen übrig.

Wir müſſen nach ihr annehmen, daß wenn von zwei auf einander einwirkenden Stoffen alle Theilchen, ſo wie ſie entgegengeſetzt durch ihre Berührung werden, auch ſofort ſich bis zum Erfolg der chemiſchen Verbindung anziehen könnten, gar keine El. weder für das Elektroſkop noch für die Strömungswirkungen merklich werden könnte, da ſie ſich dann vollkommen wechſelſeitig binden würden, und wirklich ſehen wir auch öfters die lebhafteſten chemiſchen Wirkungen nur von einer ſchwachen oder unmerklichen frei werdenden El. begleitet **.

Häufig aber findet es ſich, daß blos gewiſſe Beſtandtheile der in Berührung befindlichen Körper mit einander in chemiſche Verbindung treten; dann können Fälle eintreten, wo die El., die die Körper

---

* Für Alkalilaugen hat auch Davy dies beim Platin beſtätigt (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 290).

** So z. B. theilte nach Davy das im Sauerſtoffgaſe verbrennende Eiſen dem condenſirenden Elektroſkop keine merkliche el. Ladung mit (Gehlen J. V. 32.). — Daß jedoch bei Verbrennungen ſehr wohl El. frei werden könne, haben die Verſuche in Th. II. S. 335 f. gelehrt.

durch ihre Gesammtberührung annehmen, nicht mehr vollkommen in der chemischen Verbindung ihrer Bestandtheile compensirt wird. Die Umstände, auf die es hiebei ankommt, sind jedoch bis jetzt noch so wenig einem bestimmten Maße unterwerfbar, daß sich theoretisch nichts über den Erfolg in einzelnen Fällen voraussagen läßt.

Endlich ist auch denkbar, daß in zwei Massen heterogener Flüssigkeiten, wie Kali und Säure, die in Berührung gebracht werden, manche Theilchen durch die Zwischenwirkung der andern Theilchen oder durch andere Umstände gehindert werden, sich augenblicklich, so wie die elektromotorische Wirkung zwischen ihnen auftritt, wechselseitig bis zur chemischen Verbindung anzuziehen, und auch dies kann Ursache seyn, daß Theilchen mit wirksamer El. für die Strömungserscheinungen zurückbleiben.

Dieses letztere sind jedoch Vermuthungen, denen bei Ermangelung aller directen Erfahrungsbasis kein großer Werth beigelegt werden soll, und die blos dienen sollen, die Möglichkeit einer Wirksamkeit von Ketten der beschriebenen Art nach der aufgestellten Grundansicht zu rechtfertigen.

Wir beschließen dieses Capitel mit der Erinnerung an mehrere specielle Erfahrungsresultate über Combinationen, bei denen während chemischer Wirkung oder Auflösung fester Körper in flüssigen zugleich wirksame Strömung Statt findet. Außer Becquerel * hat neuerdings vorzüglich Nobili dergleichen Combinationen untersucht. Nobili macht die Bemerkung, daß die Stärke des Stroms, wenn von den auf einander wirkenden Substanzen die eine fest sey, im Allgemeinen bei Weitem stärker sey, als wenn beide flüssig sind, ein Unterschied, von dem man sich z. B. leicht überzeugen kann, wenn man flüssiges Alkali und festes Alkali bei ihrer Wirkung auf Schwefelsäure vergleicht. Uebrigens scheint die Richtung des Stroms in der Regel für beide Umstände die nämliche zu seyn; nur beim Kalk hat Nobili hievon eine bestimmte Ausnahme beobachtet, indem dieser, in festem Zustande gegen Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure geprüft, einen umgekehrten Strom hervorbringt, als wenn er im Zustande von Kalkwasser angewandt wird **.

Die Resultate von Nobili sind in Schweigg. J. LIII. 300 und einige andere in den Ann. de Ch. et de Ph. XXXVIII. 243 enthalten. Ich übergehe ihre specielle Anführung, da ich nicht recht ins Klare zu kommen vermocht habe, wie Nobili den Gang des Stroms in der Kette verstanden wissen will, und ob er sich darin gleich geblieben ist. Ueberhaupt wäre zu wünschen, daß man diesen Gang bei dergleichen Angaben jedesmal wie eben durch Pfeile wirklich

* Vergl. darüber Schweigg. J. XL. 397.
** Schweigg. LIII. 300.

bezeichnete, da die verschiedenen Ansichten der Chemiker sonst leicht Mißverständnisse in die Ausdrücke bringen können.

Von besonderem Interesse sind die elektrischen Wirkungen, welche Becquerel bei Zersetzung des oxygenirten Wassers durch Metalle, deren chemische Kenntniß wir hier voraussetzen, beobachtete *.

An das Drahtende eines sehr empfindlichen Multiplicators befestigte er einen Platinlöffel, an das andere einen Platinschwamm, goß in den Löffel Wasser, welches sein 7- bis 8faches Vol. Sauerstoff enthielt und tauchte den Schwamm hinein. Sogleich entstand Aufbrausen, von Sauerstoffentbindung herrührend, und zugleich ein elektr. Strom, der vom oxygenirten Wasser zum Schwamm gieng. Gold- oder Silberschwamm (mit Löffeln von demselben Metall angewandt) bewirken ähnliche Resultate; bei oxydirbaren Metallen, in fein zertheiltem Zustande angewandt, bleiben sich die Resultate nicht immer gleich, doch ist meist die Richtung des Stroms die nämliche, als in den vorigen Fällen.

Andere Resultate erhält man bei Anwendung von Oxyden, welche durch das oxygenirte Wasser reducirt werden. So z. B. beim Silberoxyd geht der Strom in entgegengesetzter Richtung von vorhin vom Oxyd zum oxygenirten Wasser und auf gleiche Weise wirkt Kali.

Achtunddreißigstes Capitel.

Ueber den Einfluß des ungleichzeitigen Eintauchens homogener Metalle auf die Erregung und Richtung des Stroms **.

Wenn man zwei Platten eines homogenen Metalls, je oxydirbarer, je besser, also am besten von Zink, an den Enden des Multiplicatordrahts befestigt, darauf erst die eine Platte für sich in ein Gefäß mit saurem oder salzigen Wasser (bei einem empfindlichen Multiplicator und Zink reicht schon gemeines Wasser hin) taucht, dann nach einiger Zeit die andere hinzu, so entsteht stets ein Strom, dessen Richtung anzeigt, daß das früher eingetauchte Metall sich positiv *** gegen das später eingetauchte verhält.

---

* Ann. de Ch. et de Ph. XXVIII. 20.

** Vergl. hiezu: Oersted in Schweigg. J. XXXIII. 164. — Delin in Gilb. LXXIII. 385. — Marianini in l. Reggio. 89. — Walker in Pogg. IV. 449. — Davy in Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 289. — Becquerel in Schweigg. J. XLIX. 470.

*** Diese Positivität des früher eingetauchten Metalls haben alle Beobachter, Oersted, Schweigger und Marianini, derselbige gefunden; blos nach Davy (Ann. de Ch. et de Ph. XXXIII. 289. 292) soll das früher eingetauchte Metall negativ gegen das später eingetauchte seyn. Ich habe jedoch diese Ver-

Zieht man jetzt die zuerst eingetauchte Platte heraus, während man die andere in der Flüssigkeit läßt und taucht sie nach einiger Zeit wieder hinzu, so kehrt sich jetzt die Richtung der Strömung um, indem wieder das zuletzt eingetauchte Metall sich als das negative verhält. Auf diese Weise kann man die Umkehrung der Strömung so oft wiederholen, als man immer will, bei Zink und saurem Wasser sogar in sehr schneller Aufeinanderfolge, ohne daß die Erscheinung merklich an Intensität abzunehmen scheint, und es ist dabei gleichgültig, ob man das herausgezogene Metall abwischt oder nicht. Die Stärke des durch das ungleichzeitige Eintauchen erregten Stroms mindert sich übrigens bei jedem Male allmälig, wenn das zu zweit eingetauchte Metall mit dem andern in der Flüssigkeit gelassen wird, und kommt in Kurzem auf Null herab, läßt sich aber durch erneuertes ungleichzeitiges Eintauchen wiederherstellen.

Eine Bedingung, damit diese durch das ungleichzeitige Eintauchen hervorgerufene Strömung erfolge, scheint zu seyn, daß die Flüssigkeit in ein merkliches chemisches Verhältniß zum Metall trete. In der That sieht man sie mit den oxydirbarern Metallen stärker als mit den minder oxydirbaren erfolgen, und man hat selbst angeführt, daß Kupfer, Silber u. s. w. zur Hervorrufung dieser Erscheinungen untauglich seyen. Ich habe indeß gefunden, daß, wenn gleich diese Erscheinungen bei Kupfer sich bei mäßigen Oberflächen nicht in gemeinem Wasser beobachten lassen, doch dies nach Hinzufügung von Salz oder etwas Säure, sehr wohl möglich ist, so daß es sonach bei den negativeren Metallen nur einer im Verhältniß stärker eingreifenden Flüssigkeit zu bedürfen scheint, um auch bei ihnen jene merkwürdige Strömung hervorzurufen. Man beobachtet andrerseits, daß auch bei Zink die Strömung um so lebhafter wird, je mehr man Salz zur Flüssigkeit gefügt hat, so wie auch der Säurezusatz bis zu einer gewissen Gränze die Lebhaftigkeit der Strömung befördert. In concentrirten Säuren jedoch wird die Erscheinung undeutlicher und scheint sich zu verstecken, entweder, weil hier die durch das ungleichzeitige Eintauchen erregte Differenz durch die Flüssigkeit zu schnell aufgehoben wird, um in die Wahrnehmung zu fallen, oder weil hier die immer in gewissem Grade Statt findende Heterogeneität der Zinkplatten, die man anwenden mag, das Uebergewicht über den Einfluß des ungleichzeitigen Eintauchens erhält *, so daß man den Ausschlag unabhängig hievon nach Beschaffenheit der Zinkstücke bald nach dieser bald nach jener Richtung erfolgen sieht.

---

suche mit Flüssigkeiten von so verschiedener Concentration und mit so verschiedenen Zeitdifferenzen des Eintauchens und überhaupt so abgeänderten Umständen wiederholt, und stets Positivität des früher eingetauchten Metalls beobachtet, daß ich nicht weiß, was ich zu Davy's Angaben sagen soll.

* Deshalb sind auch die Resultate, welche v. Yelin (Gilb. Ann. LXXIII.) mit concentrirten Säuren erhielt, keineswegs als constant anzusehen, wie auch schon Förstemann (Kastn. Arch. I. 24) richtig bemerkt.

Daß wirklich die beobachtete Strömung in Abhängigkeit von dem chemiſchen Eingreifen der Flüſſigkeit auf das Metall ſtehe, erhellt noch deutlicher aus den Verſuchen mit Schwefelleberlöſung, indem hier die Reihenfolge, in der die Metalle hinſichtlich der Stärke der hervorzubringenden Strömung ſtehen, eine andere, als bei den ſauren und ſalzigen Flüſſigkeiten iſt, und wiederum ſich nach dem Verhältniß, in dem ſie von der Schwefelleberlöſung angegriffen werden, richtet. So erhält man eine außerordentlich ſtarke Wirkung bei Kupfer und Silber, und auch hier verhält ſich ſtets das ſpäter eingetauchte Metall negativ gegen das früher eingetauchte *. Mit Blei und Eiſen und ſelbſt mit käuflichem Zink erhält man bei Anwendung eines empfindlichen Multiplicators deutlich Wirkungen derſelben Art in Schwefelleberlöſung, als mit Kupfer, aber ohne Vergleich ſchwächere. (Gar keine Wirkung konnte ich mit engliſchem Zinn beobachten.) Fraglich iſt indeß doch noch, ob die in Schwefelleberlöſung beobachteten Wirkungen von gleicher Natur ſind mit denen, welche man in ſauren und ſalzigen Löſungen beobachtet.

Auch in alkaliſchen Löſungen verhält ſich das früher eingetauchte Metall poſitiv.

Das Erſte, was ſich zur Erklärung dieſer Erſcheinungen darbieten mußte, war, daß das früher eingetauchte Metall in der Flüſſigkeit eine chemiſche Veränderung von ſolcher Art erleide, daß es poſitiv gegen das ſpäter eingetauchte wird. Indeß wenn auch eine ſolche Veränderung in manchen Fällen, ſo namentlich bei der Schwefelleberlöſung, wirklich nachweisbar iſt, ſo iſt ſie es doch nicht in den andern Fällen; ja in den meiſten Fällen ſcheint es, als müßte die etwaige chemiſche Aenderung gerade den entgegengeſetzten Erfolg haben, als man wirklich beobachtet, denn das Zink ſtrebt ſich im Waſſer zu oxydiren; oxydirtes Zink aber iſt negativ gegen blankes Zink. Es widerſprechen ferner dieſer Anſicht folgende Verſuche.

Sowohl, wenn man zwei ganz friſch gefeilte, als wenn man eine an der Luft ganz matt gewordene gegen eine friſch gefeilte Zinkplatte in etwas Kochſalz haltendem Waſſer prüft, hängt der Erfolg ſtets auf gewöhnliche Art von dem frühern Eintauchen, gleich viel, welche Platte es betrifft, ab, ungeachtet nach Beendigung des Verſuchs weder die Politur, noch die Mattheit der Platte eine Veränderung erlitten zu haben ſcheinen.

Ferner, man laſſe eine Zinkplatte erſt längere Zeit hindurch eingetaucht, ziehe ſie dann heraus, tauche die andere hinein und gleich nachher wieder die erſte hinzu. Dieſe, ungeachtet ſie längere Zeit gehabt hat, ſich in der Flüſſigkeit zu verändern, wird dennoch ſich negativ gegen die andere verhalten, die nur ganz kurze Zeit in der Flüſſigkeit geweſen.

---

* Ich muß Davy's Angaben auch in dieſem Punct für durchaus unrichtig erklären.

Man kann endlich auch der Luft keinen besondern Einfluß bei diesen Erscheinungen beimessen. In der That habe ich die obigen Versuche in Wasserstoffgas und kohlens. Gas wiederholt, indem ich durch den luftdicht verkitteten Pfropf einer hiemit gefüllten Glocke die Drahtenden des Multiplicators luftdicht hindurch leitete und die daran befestigten Zinkplatten in das, mit etwas Salzsäure versetzte, Sperrwasser tauchte. Ich konnte keinen Unterschied von den Erscheinungen, wie sie in atmosphärischer Luft Statt haben, wahrnehmen. Wie oft ich auch zwischen beiden Platten mit dem Herausziehen und Wiedereintauchen abwechseln mochte, stets zeigte sich die jedesmal herausgezogene Platte nach dem Wiedereintauchen eben so deutlich negativ, als wenn der Versuch in atmosphärischer Luft angestellt worden wäre *.

Ich füge schließlich noch einen Versuch bei, bei welchem der Einfluß des ungleichzeitigen Eintauchens noch erstaunenswerther erscheinen muß, als bei den erzählten. Wenn man Eisen in eine schwefelsaure Kupferauflösung taucht, so überzieht es sich erörtertermaßen schnell mit einer Lage Kupfer und nach der angenommenen Theorie der Metallfällungen tritt dieses Kupfer dem Eisen als negativer Pol entgegen. Es stand hienach zu erwarten, daß, wenn man zu einem auf solche Weise in der Flüssigkeit überkupferten Stäbchen, am einen Multiplicatorende befestigt, ein zweites frisch abgefeiltes, am andern Multiplicatorende befestigtes, Eisenstäbchen hinzutaucht, dies zweite sich, wenigstens in den ersten Augenblicken, positiv gegen das erste verhalten werde; allein gerade umgekehrt, ein sehr lebhafter Ausschlag zeigt an, daß es sich negativ gegen das erst eingetauchte verhalte. Durch abwechselndes Herausziehen und Wiedereintauchen des einen und andern Stäbchens kann man diese Polarität eben so beliebig oft umkehren, als oben in Bezug zu sauren und salzigen Flüssigkeiten angegeben worden.

Neununddreißigstes Capitel.

Galvanismus in Bezug auf Physiologie **.

Schon die gewöhnliche Elektricität bot uns interessante und wichtige Beziehungen zu den physiologischen Erscheinungen dar, noch weit mehr aber ist dies der Fall mit der galvanischen oder durch Berührung

---

* Die von Becquerel (Schweigg. J. XLIII. 83) beobachtete Erscheinung, bei welcher atm. Luft wesentliche Bedingung ist, in anderer Gattung, insofern sie auf Veränderung der Flüssigkeit beruht.

** Von der Unzahl Schriften und Abhandlungen, die sich in Bezug auf dieses Capitel anführen ließen, mögen nur folgende, welche vorzüglich umfassend oder wichtig sind, angeführt werden: Prati über die thier. Elektricität und Rei-

erregten Elektricität. Wir werden dieſe Beziehungen unter einem doppelten Geſichtspuncte auffaſſen, zuerſt nämlich von den Wirkungen handeln, welche der Galvanismus auf unſern oder den thieriſchen Körper äußert, ſodann dieſe Wirkungen mit ſelbſtſtändigen Erſcheinungen am Organismus in Verbindung ſetzend, die Wahrſcheinlichkeit zu begründen ſuchen, daß im Organismus ſelbſt ein Erregungs- und Circulationsapparat für El. vorhanden ſey, welcher viel Analoges mit den von uns künſtlich conſtruirten galvaniſchen Apparaten beſitzt.

Wenn wir den Galvanismus auf einen lebenden Körper einwirken laſſen wollen, ſo können wir nicht anders verfahren, als daß wir ihn ganz oder einem Theile nach in die Volta'ſche, einfache oder zuſammengeſetzte, Kette bringen, ſo daß er einen Theil dieſer Kette ſelbſt ausmacht *. Dies geſchieht im Allgemeinen, indem man von den Polen der Säule oder des einfachen Elektromotors Leitungsdrähte, die zum bequemern Anſchließen an die verſchiedenen Theile mit beſonders geſtalteten und gebogenen Metallplatten (Armaturen) verſehen ſeyn können, jeden mit einem beſondern Theile des Körpers, in Berührung bringt **. Dann durchzieht der galvaniſche Strom die ganze Partie des Körpers, die ſich zwiſchen den mit den Leitungsdrähten in Berührung befindlichen Stellen befindet, äußert aber doch ſeine Wirkung am ſtärkſten und in verſchiedener Art an dieſen Stellen ſelbſt.

Einige vorläufige Verſuche mit der einfachen Kette, um die Wirkungen des Galvanismus im Allgemeinen nachzuweiſen. — Schon früher (S. 5) iſt erörtert worden, wie

---

barkeit. Leipzig, 1795. — Humboldt's Verſuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaſer. — Ritter in ſ. phyſ. chem. Abhandl. I. 291; II. 291; III. 102. 147. 351; und in ſ. Beiträgen I. St. 1. 1; St. 2. 107; II. St. 2. 65; und in ſ. Beweis, daß ein beſtändiger Galvanismus den Lebensproceß begleite. Weimar, 1797. — Aldini Essai théoretique et experimental sur le galvanisme. Paris, 1804. — Reg. zu Gilb. Ann. S. 200. 215. — In jeder ſpätern dieſer Schriften wird man immer eine Verweiſung auf ſo viel frühere finden, daß man hiedurch leicht dieſe Literatur vervollſtändigen kann. — Viele intereſſante, und im Folgenden zum Theil benutzte, Erfahrungen enthält ein Buch von Moſt: Ueber die großen Heilkräfte des Galvanismus u. ſ. w. 1823.

* Wenigſtens, wenn man einigermaßen bedeutende Wirkungen erhalten will. Doch vermag man nach v. Humboldt unter ſehr günſtigen Umſtänden, namentlich bei ſehr hoher Reizbarkeit der Froſchpräparate, die galvaniſchen Contractionen auch ohne Bildung einer Kette durch bloße Berührung von Metallen unter einander hervorzurufen, von deren Reihe das letzte Glied mit den Nerven des Präparats in Verbindung ſteht. — Daß bei ſehr kräftigen Apparaten (aus 2000 Platten) auch blos Ein Pol, während der andere mit der Erde in Verbindung ſteht, Zuſammenziehung von Muskeln ſtärkerer Thiere hervorzubringen vermöge, lehren die Verſuche in Gilb. XIV. 341. — Vergl. auch Erman in Gilb. XXII. 30.

** Man thut wohl, die Stellen, wo man die Armaturen anlegt, oder die Hände, wenn man die Leitungsdrähte damit anfaßt, zuvor mit Salzwaſſer zu befeuchten; ja in den meiſten Fällen wird eine Wirkung nur unter dieſer Bedingung merkbar.

man Froschpräparate zuzurichten und anzuwenden hat, um mittelst der einfachen Kette Zuckungen darin zu erregen.

Man kann den Versuch so abändern, daß man den mit Zinnfolie umwundenen Rückgrad in das eine, und die Schenkel in das andere daneben stehende Glas mit Wasser legt. Verbindet man dann die beiden Wassermassen durch einen Silberdraht mit einander, so daß er zugleich die Zinnfolie im einen Glase berührt, so bewegen sich die Beine so heftig, daß sie zuweilen ganz aus dem Wasser herausspringen *.

Außer diesem finde ich auch noch folgenden interessanten Versuch in Singer's Elementen. Man lege auf eine Zinkscheibe ein Thalerstück und auf dieses einen Blutigel; so lange dieser nur mit dem Silber in Berührung ist, giebt er kein Zeichen eines Unwohlseyns zu erkennen; wenn er aber herumkriecht und über das Silber hinaus mit dem Zink in Berührung kommt, so prallt er, wie von einem plötzlichen Schmerz getroffen, sogleich zurück.

Wie man mittelst einfacher Ketten Geschmacksempfindung hervorbringen könne, ist schon früher (S. 2) erwähnt worden. Bemerkt mag werden, daß die Geschmacksempfindung viel merklicher ist, wenn der Zink die Zunge an einem kleinen Theile, das Silber oder Kupfer aber einen großen Theile ihrer Oberfläche berührt, als wenn der Fall umgekehrt ist, ein Umstand, der sich nach S. 251 erklärt.

Eine interessante Abänderung, Geschmacksempfindung mittelst der einfachen Kette hervorzubringen, ist folgende. Man füllt einen zinnernen oder besser zinkenen Becher mit Brunnenwasser, und taucht die Zungenspitze hinein; man wird blos den gewöhnlichen schwachen Geschmack des Wassers erhalten; drückt man nun aber während dieser Berührung zugleich den Zinkbecher stark gegen eine silberne Platte, die man in gut mit Salzwasser oder saurem Wasser befeuchteten Händen hält, so wird man einen merklich säuerlichen Geschmack empfinden. Zweckmäßig kann man dem Wasser im Becher etwas Kochsalz (zu Beförderung seines Leitungsvermögens) beimischen. Zwar wird dann gleich Anfangs ein schwach salziger Geschmack empfunden, der Unterschied bei nachheriger Schließung der Kette wird aber um so bedeutender.

Ferner: Man bringe an dem innern Winkel des Auges ein Stück Zink entweder unmittelbar oder unter Zwischeneinbringung eines in warmes Wasser getauchten Pölsterchen mit dem Augapfel, und eine Silbermünze mit der innern Lippenfläche in Berührung. Im Augenblick der Schließung zwischen beiden Metallen entsteht das

* Diese Zuckungen erfolgen auch, wiewohl schwächer, wenn von einer Reihe mehrerer Menschen, die sich an den mit Salzwasser genetzten Händen halten, der eine Aeußerste das Wasser, in welchem sich die Gliedmaßen befinden, der Andere mit dem Silber die Nervenarmatur berührt. Die Lebhaftigkeit und Dauer der Zuckungen steht übrigens in Verhältniß mit der Tiefe, bis zu welcher sowohl die Gliedmaßen, als das Silber eingetaucht werden. (Platt 30.)

Gefühl eines blitzähnlichen Leuchtens in dem vom Zink berührten Auge. Dieses Gefühl erneuert sich bei jeder wiederholten Schließung, dauert aber nicht während des Geschlossenseyns der Kette fort. Es zeigt sich auch, wenn das Silber die Zunge oder einen beliebigen andern Theil der innern Mundhöhle berühret, und selbst auch alsdann, wenn es blos durch Wasser in einem Glase, in das die Lippen getaucht werden, mit diesen in Verbindung steht *. In der Dunkelheit der Nacht ist dies blitzähnliche Leuchten viel lebhafter als bei hellem Tage, doch auch hier noch merklich. Es zeigt sich eben so, doch schwächer, wenn der Zink an die Lippen oder die Zunge, das Silber an den Augapfel gebracht wird, in welchem Fall man zugleich den Schein im Auge und den säuerlichen Geschmack auf der Zunge fühlt **.

Die Wirkungen der galvanischen Reizung sind überhaupt um so auffallender und mannichfaltiger, je mehr und je wichtigere Nerven in die Kette gefaßt werden, und alle Umstände der nachfolgenden Versuche, von denen mehrern bei den Froschschenkelversuchen zu erwähnenden Thatsachen directe Beweiskraft zukommt, vereinigen sich dahin, zu zeigen, daß die Wirkung des Galvanismus auf die Nerven das primum movens dieser sämmtlichen Erscheinungen sey, so daß die Muskeln und andern Theile nur durch die organische Verbindung, in der sie mit den Nerven stehen, in das Spiel dieser Erscheinungen mit hineingezogen werden.

Die Wirkungen des Galvanismus unterscheiden sich theils dem Grade, theils der Art nach, je nach der verschiedenen Art der angewandten galvanischen Apparate, der verschiedenen Pole, die man einwirken läßt, der verschiedenen Stellen der Einwirkung, und der verschiedenen Reizempfänglichkeit der Individuen. Endlich ist die Wirkung verschieden je nachdem man sie im Augenblicke beobachtet, wo die Kette durch den thierischen Theil geschlossen wird, oder während des Geschlossenseyns, oder im Augenblicke der Trennung. Vom Einfluß aller dieser Umstände wollen wir jetzt näher handeln.

Unterschiede bei Trennung und Schließung und während des Geschlossenseyns der Kette ***. Welchen Theil man auch in die Kette bringen mag, stets wird man den auffallendsten Effect nur im Augenblicke der Schließung der Kette wahrnehmen. In der Zwischenzeit zwischen Schließung und Trennung ist die Wirkung geschwächt, sie gleicht mehr einer anhaltenden Empfindung, und wird bei schwächern Ketten oft gar nicht wahrge-

---

* Man befördert in jedem Fall das Erscheinen des galvanischen Blitzes, wenn man die Theile der Mundhöhle, an welche das Silber applicirt wird, mit einer verdünnten alkalischen oder Chlorauflösung bestreicht. (Humboldt I. 319.)

** Ueber andere Abänderungen dieser Versuche vergl. Pfaff, 142; Ritter Beweis, 84.

*** Vergl. Humboldt I. 197. — Ritter Beweis, 70; Phys. chem. Abhandl. III. 246.

nommen; bei der Trennung ist ebenfalls wieder ein verstärkter Effect zu bemerken, der jedoch im Allgemeinen geringer als bei der Schließung ist, daher bei schwächeren Ketten ebenfalls nicht auffallend bemerkt wird.

Nach Ritter sollen die Erscheinungen, welche im Augenblicke der Schließung und während des Geschlossenseyns der Kette Statt finden, stets entweder hinsichtlich der Stärke oder hinsichtlich der Art in einem gewissen Gegensatz zu denen stehen, welche im Augenblicke der Trennung und kurz nachher wahrgenommen werden, so daß die Trennung der Kette eine Umkehrung der vorher Statt gehabten Wirkungen hervorriefe; ja, wenn die Wirksamkeit der Kette einen sehr überwiegenden Grad in Verhältniß zur Reizbarkeit des dem Versuch unterworfenen Organs hat, soll diese Umkehrung schon während des Geschlossenseyns der Kette eintreten können, bei höchst empfindlichen Organen (z. B. bei sehr reizbaren Froschschenkeln) sogar so schnell, daß die primäre Wirkung gar nicht beobachtet werde, vielmehr bei Schließung der Kette sogleich die umgekehrte, die eigentlich erst mit und nach der Schließung Statt haben soll, sich zeige.

Alle diese Umstände sind von der Art, daß sie sich mit den allgemeinen Gesetzen der thierischen Reizbarkeit sehr wohl vereinigen lassen. Dessenungeachtet muß man gestehen, daß es bis jetzt blos Ritter, der oft zuviel sah, ist, der jene Umkehrungen auf so entschiedene Weise wahrgenommen hat. Seine später anzuführenden Angaben in diesem Bezug mögen daher mit Vorsicht angenommen werden. Dasselbe gilt von den Gegensätzen, die Ritter in der Wirkung an beiden Polen des galvanischen Apparats auf die Empfindungsorgane gefunden haben will, wiewohl mehrere dieser Gegensätze auch von andern bestätigt worden sind *.

Die Empfindlichkeit für den Reiz des Galvanismus ist keineswegs bei allen Individuen gleich. Nicht nur finden sehr nahmhafte Unterschiede in diesem Bezug zwischen den einzelnen Klassen lebender Wesen Statt, sondern auch zwischen den einzelnen Individuen einer und derselben Art. Kinder und schwache Personen, namentlich die eine schwache Brust haben, sollen besonders empfindlich gegen den Galvanismus seyn. Alte Leute sind weniger empfindlich dagegen, und wenn sie noch überdies mit Schnupfen, Gicht oder Rheu-

* Ich habe geglaubt, Ritters Erfahrungen nicht übergehen zu dürfen, denn daß manche nicht dieselben Empfindungen als er wahrnahmen, ist bei diesen halb subjectiven Erscheinungen kein Beweis, daß nicht andere sie wahrnehmen könnten. Keiner hat so viele und abgeänderte Versuche über die Empfindungen, welche die galvanische El. hervorzurufen vermag, angestellt, als Ritter; und wenn von seiner Phantasie hiebei mancher Fehlgriff zu erwarten ist, so muß doch andererseits auch zugegeben werden, daß zur discreten Beobachtung von Empfindungen wie diese, eine Art der Aufmerksamkeit erfodert wird, die nicht ohne alle Uebung und öftere Beschäftigung mit diesen Versuchen zu erlangen seyn möchte.

matismus behaftet sind, so können sie außerordentlich starkes Galvanisiren ohne Unbequemlichkeit vertragen *.

Schläge durch den Volta'schen Apparat **. — Die bequemste Art, den sogenannten galvanischen Schlag zu erhalten, besteht darin, daß man von den Polen einer, aus etwa 100 Paaren gebauten, und mit Kochsalzlösung oder einer andern leitenden Flüssigkeit geschichteten, Säule Drähte in zwei besondere Gefäße mit Salzwasser leitet, und in jedes dieser Gefäße eine Hand taucht; oder auch, daß man nur schlechthin beide Pole der Säule mit den, mit Wasser oder besser Salzwasser befeuchteten, Händen berührt. Im Augenblick der Schließung der Kette wird man die Empfindung eines Schlages erhalten, und im Augenblicke der Trennung der Kette einen neuen Schlag, dagegen während des Geschlossenseyns der Kette keine sehr auffallende Empfindung Statt finden ***.

Blos trocknes Anfassen der Pole oder Poldrähte einer Säule aus 100 Plattenpaaren wird in der Regel keine Wirkung hervorbringen; doch geben Säulen aus 400 bis 500 Plattenpaaren auch in diesem Fall einen deutlichen Schlag. Daß überhaupt der Schlag mit der Anzahl, aber wenig oder nicht mit der Größe der Platten wächst, ist schon früher erwähnt worden.

Man kann den galvanischen Schlag ausnehmend dadurch verstärken, daß man den Händen mittelst feuchter Leiter eine große Berührungsfläche mit den metallischen Polen der Säule giebt, z. B. daß man mit den befeuchteten Händen eiserne Kugeln oder Metallbleche umfaßt, und mit diesen die Pole berührt.

Eigenthümlich, und mit frühern Erörterungen (S. 167) zusammenhängend, ist aber der Umstand, daß, wenn man die feuchte Berührungsfläche blos auf Einer Seite vergrößert, während man sie auf der andern unverändert läßt, die Stärke des Schlags blos auf letzterer Seite zunimmt, auf ersterer, wo die Berührungsfläche vergrößert wird, sich dagegen vermindert, und wenn man dies Verhältniß recht weit vergrößert, auf der einen Seite ganz verschwinden kann, während der Schlag auf der andern ausnehmend gesteigert wird. Vergrößert man aber jetzt auch die Berührungsfläche auf dieser Seite immer mehr, so steigt entsprechend die Stärke des Schlags auf der andern Seite, während sie sich auf dieser mindert. Jedenfalls aber bleibt die Stärke des Schlags auf beiden Sei-

---

* Most. 83.

** Die ausführlichste Abhandlung hierüber hat Ritter geliefert in s. Beitr. II. St. 2. S. 3. Vergl. ferner Volta in Ritter Beitr. I. St. 3. 213.

*** Schließt man die Batterie mit einem verwundeten Finger, wäre auch die Beschädigung nicht bedeutender als die geringste Nagelwurzel, so empfindet man, außer dem gewöhnlichen Stoße durch den Finger, noch ein eignes, ziemlich unangenehmes, schneidendes oder stechendes Gefühl in der verwundeten Stelle. Dieses Gefühl dauert auch während des ganzen Geschlossenseyns der Kette fort, wiewohl minder heftig als beim Schließen selbst.

ten größer, wenn die gleichen Berührungsflächen auf beiden Seiten größer als wenn sie kleiner sind *.

Der galvanische Schlag wird stets am stärksten an den Stellen empfunden, mit welchen die Kette der Säule geschlossen wird; jedoch nach Maßgabe der Stärke der Wirkung kann er sich auch mehr oder minder weit durch die Partieen fortpflanzen, welche zwischen beiden Schließungsstellen liegen. So wird er bald blos bis in die Fingerspitzen, bald bis in die Handwurzeln, Ellenbogen, Achseln, selbst bis quer über die Brust gefühlt werden können.

Man giebt gewöhnlich an, daß die Empfindung des galvanischen Schlages sich von der, welche die Entladung einer Leydner Batterie hervorruft, dadurch unterscheide, daß erstere viel mehr ins Innere der Theile einzudringen scheine. Indeß hat doch Ritter gefunden, daß der galvanische Schlag sich um so mehr dem elektrischen in der Empfindung nähert, je mehr man, (wie gewöhnlich bei Entladung Leydner Flaschen) Schließung der Säule mit trockener Oberfläche der Hände anwendet, oder je mehr man umgekehrt die Schließung zwischen den Belegen der Leydner Flasche mit befeuchteten Händen vornimmt, daher dieser Unterschied nicht wesentlich zu seyn scheint.

Verbinden sich mehrere, mit feuchten Fingern sich anfassende, Personen zur Kette zwischen dem positiven und negativen Pol, so empfinden alle den nämlichen Schlag, und in einer Stärke, die bei Verbindung weniger Personen sich fast gleich bleibt, bei mehrern aber im Verhältnisse der Zahl der Personen abnimmt (wegen Verlängerung der feuchten Zwischenleitung).

Folgende Umstände giebt Ritter über die Unterschiede an, welche die Schläge nach ihrer Erscheinung beim Schließen oder Wiedereröffnen der Kette, und je nachdem das Organ mit dem positiven oder negativen Pole der Säule in Verbindung gesetzt wird, darbieten. Der Schlag, den man vom negativen Pole der Säule bei der Schließung erhält, ist bei gleicher feuchter Berührungsfläche nicht nur absolut stärker, sondern erstreckt sich auch auf eine größere Länge, als der, welchen man am positiven Pole der Säule empfängt. Doch fand Ritter, daß, wenn man die Stärke der Säule (z. B. durch Verminderung ihrer Plattenzahl) immer mehr abnehmen läßt, der Schlag auf der positiven Seite durchaus nicht früher verschwindet, als auf der negativen; wiewohl er sich auf der negativen stets weiter erstreckt, und z. B. auf der negativen Seite noch bis in die vordere Hälfte des ersten Fingergliedes fühlbar ist, wenn er auf der positiven Seite nur noch als ein leichtes Hüpfen in der Spitze des Fingers erscheint. Uebrigens glaubt sich Ritter überzeugt zu

* Vergl. Ritter in Gilb. VII. 478. — Beitr. I. St. 4. S. 270. — Ritter hat gefunden, daß ähnliche Umstände auch die Stärke der Schläge durch Entladung Leydner Flaschen bestimmen (Beitr. II. St. 2. S. 9.

haben, daß, wenn der Schlag an der negativen Seite sich auf eine größere Länge erstreckt, er dagegen auf der positiven mehr in die Breite gefühlt wird, so daß, wenn man, in sofern dieß zulässig ist, in jedem Falle Länge mit Breite multipliciren wollte, man ziemlich dieselben wahren Größen für den Umfang beider Schläge erhalten würde.

Jedoch nicht blos der Umfang des Schlags, sondern auch die Eigenthümlichkeit der Empfindung, die man durch denselben erhält, ist am negativen Pole anders geartet, als am positiven. Am besten sind nach Ritter zu ersten Versuchen hierüber Säulen von einer mäßigen Wirksamkeit, z. B. bei mit Kochsalzauflösung genäßten Pappen, von 60 bis 100 Plattenpaaren. Man bringe dazu einen Finger von jeder Hand, den man zuvor recht feucht gemacht, jeden in derselben Fläche, mittel- oder unmittelbar, mit einem der beiden Pole der Batterie in Verbindung. Der Schlag tritt in beiden Fingern mit einer Verschiedenheit seiner Qualität ein, welche Ritter folgendermaßen schildert:

Der Finger auf der negativen Seite wird von seinem Verbindungsorte mit der Batterie aus nach innen zu wie in geraden Linien schneidend durchdrungen; es ist fast, als ob durch und durch in ihm etwas weggenommen würde, und nun das Uebrige einander näher zustürzen müßte, oder der Finger, die Hand, u. s. w. schwände. Alles, was sich mit diesem Finger im Augenblicke des Schlags zuträgt, geschieht ihm, wie von Außen nach Innen, und man kann den ganzen Vorgang mit keinem bündigern Namen, als dem einer Contraction im eigentlichsten Sinne des Worts belegen.

Dem Finger auf der positiven Seite hingegen wird im Augenblicke des Schlags seine Hülle gleichsam zu eng, es ist ein Drängen und Treiben, als wollte er aus sich selber heraus *. Statt daß vorhin Alles in schneidenden Stralen nach Innen hinein gieng, will hier Alles in drückender stumpfer Geberde von Innen nach Außen; der Finger befindet sich in einem Zustande von Auftreibung und Spannung, genau, wie wenn er entzündet und davon angeschwellen wäre. In einem Worte, es kann dafür am passendsten der Ausdruck Expansion gebraucht werden. Die beschriebene Charakteristik des Schlages bleibt richtig, wie groß oder wie klein man auch theils die Batterie, theils die Verbindungsflächen mit ihr im Versuch nehmen möge, endlich welches auch immer die Theile des Körpers seyn mögen, die mit der Batterie in Verbindung kommen.

Schließt man z. B. mit der Zunge am positiven Pole die Batterie, (während man mit der Hand oder einem beliebigen andern Theile am negativen Pole schließt), so läßt der Schlag, den sie dabei erhält, und der auch an sich schon recht deutlich wie ein Stoß

* Auch Moß findet die Empfindung am negativen Pole mehr stechend, am positiven mehr drückend und brennend. (s. Werk S. 84).

von Innen nach Außen empfunden wird, auf der Stelle, mit der geschlossen wurde, genau einen Eindruck zurück: „als ob von dem Schlage eine Beule auf ihr entstanden wäre.“ Schließt man dagegen mit ihr auf der negativen Seite der Batterie, so läßt der, wie ein Stoß von Außen nach Innen gefühlte, Schlag ganz genau einen Eindruck zurück, als ob ein Loch in die Zunge geschlagen wäre. Aehnliche Unterschiede, die sich auf das Gefühl von Expansion oder Contraction beziehen, zeigen sich bei Nase, Ohr, Augen *.

Was nun die Schläge betrifft, die man bei Trennung der Kette empfängt, so ist zuvörderst zu bemerken, daß sie gewöhnlich weit schwächer, als die bei der Schließung empfangenen sind, so daß sie bei Batterieen von geringer Wirksamkeit gar nicht mehr empfunden werden. Wenn die Schließungsschläge schon bei 10 Plattenpaaren erscheinen, fangen die Trennungsschläge nach Umständen erst bei 20 bis 40 Paaren an merklich zu werden, wo jene schon eine beträchtliche Stärke erreicht haben, und nehmen auch bei weiterer Vermehrung der Paare ohne Vergleich langsamer an Stärke zu, als die Schließungsschläge.

Hinsichtlich der eigenthümlichen Empfindungen bei dem positiven und negativen Trennungsschlag nun findet nach Ritter durchaus das entgegengesetzte Verhältniß Statt, als beim Schließungsschlag, indem der positive Trennungsschlag schwächer und contractiv ist, während der negative Schließungsschlag sich stärker und expansiv verhält. Auch ist die Trennung mit einer merklichen Verminderung der Zustände begleitet, in denen sich das Organ während des Geschlossenseyns befand, indem z. B. der Grad schwerer Beweglichkeit, in welche der Finger durch ein längeres Verbleiben in der Kette am negativen Pole versetzt wird, und eben so der Grad der am positiven Pol erlangten höhern Beweglichkeit mit und nach der Trennung um ein Deutliches verringert wird; und zwar um weit mehr, als durch Ausgleichung des Organismus für sich in der nämlichen Zeit der Fall seyn würde **.

---

* Interessant sind auch folgende Bemerkungen Ritter's: Man bringe die vordere Spitze der Zunge mit dem Zinkpol einer Batterie von 30 bis 80 Paaren in gute und mäßig feste Verbindung. Schließt man nun mit einem andern Theile des Körpers am negativen Pole, so wird im Augenblicke des Schlages die Zunge zugleich gegen das metallene Ende des Zinkpols heftig angestoßen, indem sie sich verlängert; oder läßt man sie in ein mit dem positiven Pol verbundnes Gefäß voll Wasser mit der Spitze tauchen, so taucht sie jedesmal tiefer in das Wasser ein. Dahingegen findet eine Zurückziehung der Zunge Statt, wenn man diesen Versuch am negativen Pole anstellt.

** In Bezug auf die vorstehenden Erfahrungen Ritter's äußert Platt in Gehlers Wörtb. IV. 935. Folgendes: „So bemerkte Gegensätze und Verschiedenheiten haben indeß so wenig ich selbst als andre, die ich nach ihren Empfindungen befragte, wahrnehmen können. Allerdings schien mir der Schlag an der negativen Seite gleichfalls etwas schmerzhafter als an der positiven und mehr zusammenschnürend, aber auch in dem Schlage am positiven Pole lag etwas von

Das Gefühl des Schlages dauert nicht während des Geschlossenseyns der Kette fort; doch bleibt nach Ritter das Gefühl der Expansion auf der positiven und das der Contraction auf der negativen Seite, womit der Schlag eintrat, auch während des Geschlossenseyns mehr oder minder merklich zurück *.

Wir haben jetzt noch mehrere Umstände in Bezug auf die Wiederholung der Schläge zu erörtern.

Man findet nach Ritter, daß die Schläge jeder neuen Schließung im Verhältniß zu den vorhergehenden Schließungsschlägen bei sonst gleichbleibenden Umständen um so schwächer ausfallen, je länger die vorige Schließung gedauert hat oder je größer die Summe der vorhergegangenen Schließungen gewesen ist; daß dagegen die Trennungsschläge bei jeder Trennung, die man vornimmt, immer stärker und stärker im Verhältniß zu den darauf folgenden Schließungsschlägen werden, um so mehr, je länger die vorherige Schließung gedauert hat. Jedoch bringt man es unter keinen Umständen bis dahin, daß der Trennungsschlag auch nach den längsten Schließungen der Batterie dem Schlag beim Eintritt der Schließung selbst gleich komme. Aber dahin kann man, Ritter'n zufolge, allerdings gelangen, daß der Trennungsschlag von derselben Stärke ist, als der kurz darauf folgende Schlag, den man erhält, wenn man die Batterie von Neuem schließt. In allen diesen Fällen müssen aber die Zeiten zwischen alter Trennung und neuer Schließung je kürzer, je besser seyn.

Ritter fand ferner durch mehrfache Versuche, daß die natürliche Empfänglichkeit eines Organs für den Schließungsschlag auf der einen Seite der Batterie durch anhaltende Schließungen für diese Seite geschwächt und für die entgegengesetzte erhöht wird, und daß die natürliche Empfänglichkeit für den Trennungsschlag auf der einen Seite der Batterie durch anhaltende Schließungen erhöht wird für diese Seite und geschwächt für die entgegengesetzte. Durch abwech-

---

jener Zusammenschnürung; auch hatte ich gewöhnlich an dem Finger, welcher mit dem negativen Pole in Berührung war, mehr das Gefühl der Wärme, als in dem Finger, auf welchen der positive Pol unmittelbar wirkte." Das schmerzhaftere Gefühl am negativen Pole erwähnen übrigens auch andere Beobachter, z. B. Bolta in Bezug auf Stellen, die von der Oberhaut entblößt sind.

* Man wird, wie sich Ritter überzeugt hat, zu diesem Gefühle, ohne Eintritt eines Schlages, selbst bei den stärksten Batterieen gelangen können, wenn man sich in die Kette derselben auf solche Art begiebt, daß man zuerst nur Ein Plattenpaar in die Kette nimmt; darauf, während man sich noch in Schließung mit diesem Einen befindet, ein zweites darein ziehe, darauf die Verbindung mit dem ersten aufhebt, dann zum dritten fortgeht, u. s. f.; oder auch, wenigstens bei nicht zu starken Säulen, so, daß man sich erst unter Zwischenwirkung einer langen Säule Flüssigkeit in die Kette bringt und diese allmalig verkürzt, oder endlich, daß man mit jedem Pole der Säule ein Gefäß mit Wasser verbindet, und mit trockenen Fingern das Wasser beider erst leise berührt, dann je immer tiefer und tiefer in daselbe eintaucht. (Ritter Beitr. II. St. 2. S. 44.

felndes Schließen am einen oder andern Pole lassen sich selchergestalt die relativen Empfänglichkeiten wiederholt umkehren.

An Froschorganen haben Marianini u. a. Beobachtungen gemacht, welche den hier erwähnten Umständen correspondiren.

Wirkung auf den ganzen Organismus. — Wenn man einen großen Theil des menschlichen oder thierischen Körpers in die Kette nimmt, so vermag der ganze Organismus dadurch auf sehr auffallende Weise afficirt zu werden, insbesondre wenn man die el. Strömung einige Zeit hindurch wirken läßt.

Ritter * führt an, daß die Armirungsart, nach welcher der positive Pol mit der obern Gegend des Rückgrads, nahe am Kopfe, der negative Pol hingegen mit der untern, oder auch geradezu mit den Fußenden in Verbindung kommt, diejenige sey, die ein durchgängiges Uebelbefinden (drückendes Kopfweh, Neigung zum Erbrechen, Widerlichkeit durch alle Glieder, mindere Beweglichkeit derselben u. s. w.) zum Erfolg haben, während die entgegengesetzte Armirungsart den gleichfalls entgegengesetzten Erfolg hat; wie am deutlichsten zu bemerken, wenn man sie unmittelbar nach Aufhebung der einige Zeit angehaltenen vorigen anwendet, indem sie jenes Uebelbefinden in allgemeine Behaglichkeit, das Kopfweh in Heiterkeit u. s. w. verwandelt.

Einen heroischen Versuch, wobei sehr wiederholte Schläge einer starken Batterie in der Art durch den Körper geleitet wurden, daß der positive Pol auf den Arm, der negative auf die Füße wirkte, beschreibt Most **. Heftige Congestionen, veränderte Körpertemperatur, verstärkte Transpiration, Urinabsonderung und Diarrhöe ***, Athembeklemmung, starrkrampfähnliche Zufälle u. s. w. waren theils Begleiter, theils Folgen dieses Versuchs †.

Interessant und auch in mehrern Hinsichten durch die Erfahrung anderer bestätigt, sind die Erfolge, die Ritter †† an sich wahrnahm, als er den Kreis einer Säule durch seine beiden Hände lange Zeit schloß, so daß der Strom quer durch seinen Körper zu gehen genöthigt war. Wir wollen diesen Versuch im Wesentlichen mit seinen eignen Worten anführen:

„Eines Tages hatte ich den ganzen Morgen mit Versuchen über die Einwirkung des Galvanismus auf die Sinnesorgane und

---

* Vergl. Chem. Abh. III. 182.

** In d. a. Schrift. S. 104.

*** Diese Vermehrung der Absonderungen durch Einwirkung des Galvanismus auf den Körper bestätigen alle Beobachter. (Vergl. u. a. Aldini Essai I. 181).

† Bemerkenswerth ist, daß über Arme und Beine, selbst Brust und Hals, sich eine Scharlachröthe ausbreitete, mit kleinen Friesenköpfchen dazwischen, letztere besonders da, wo der negative Pol eingewirkt hatte. Die Abschuppung des Exanthems war jedoch nur mandelkleyenartig. — Auch Aldini (Essai I. 200.) erwähnt dieses abschuppende Exanthem.

†† Bd. VII. 477.

mit Batterieen, so stark als ich ihre Wirkung jedesmal vertragen konnte, zugebracht, und beschloß sie darauf mit einem weitläuftigern Versuche, der mich, was ich schon lange gewollt hatte, lehren sollte: welchen Einfluß eine längere Einwirkung geschlossener galvanischer Batteriekenketten, in denen sich mein Körper ganz als Glied befände, auf mich haben könnte. Ich setzte mich dazu mit einer Zinkkupferbatterie von 100 Lagen, die überdieß noch schon seit gestern errichtet war, also schon beträchtlich von ihrer anfänglichen Wirksamkeit verloren hatte, auf eine gute halbe Stunde in Verbindung. Beide Hände feuchtete ich stark und gleichförmig mit Salzwasser an, faßte in jede ein Stück Eisen von beträchtlicher Oberfläche (eine Zange mit breiten Griffen) und brachte sie hiedurch mit den beiden Enden der Batterie in gehörige Verbindung. Der Schlag, den ich bei der Schließung der Kette erhielt, und der auf der Kupferseite auffallend angreifender als auf der Zinkseite war, erstreckte sich die Arme hindurch bis über die Schulter hinaus, und ich mußte mich anstrengen, um durch Ueberwältigung der bis zur äußerlichen Sichtbarkeit der Zuckungen mehrerer Armmuskeln gehenden, und die Arme beim Freilassen derselben auf dieselbe Weise, wie vom Ganzen abgetrennte contractile thierische Theile, schleudernden Convulsionen, der Batterie selbst keinen Schaden zukommen zu lassen. Kurz nach dem Eintritte in diese Kette empfand ich in dem mit der Kupferseite der Batterie in Verbindung stehenden Arme und dessen Hand eine merkliche Kälte, als ob ein kalter Wind sie anwehte, ungeachtet alle äußere Veranlassung hiezu mangelte. In der Hand und dem Arme der andern Seite erzeugte sich allmälig, doch nicht sobald so deutlich, gerade das Gegentheil von dem Vorigen, d. i. eine merkliche Wärme, begleitet von einem starken unangenehmen Jucken durch die ganze Hand. Auch fand sich in dem Arme der Kupferseite nach und nach eine deutliche Steifheit und Abgang an Beweglichkeit, und zuletzt merkliche Spannungen in der Gegend der Schulter ein, von welchen allen der Arm der Zinkseite der Batterie so sehr befreit blieb, daß ich vielmehr lieber eine Vergrößerung seiner Beweglichkeit angeben möchte, wäre man nicht berechtigt, in Bestimmungen dieser Art, wozu man sich Zustände seiner selbst von Stunden her dem Grade und der Art nach so genau bewußt seyn muß, einiges Mißtrauen zu setzen. Beide Arme mit ihren Händen waren übrigens die ganze Zeit des Versuchs über in gleicher Lage u. s. w. gewesen. Ich verließ nach einer reichlichen Stunde die Batterie, ohne etwas Weiteres als das Erwähnte zu wissen. Aber keine Viertelstunde verging, als ich ohne die geringste mir bewußte sonstige Veranlassung dazu, Schmerzen im Unterleibe und einige Zeit darauf wirklich Diarrhoe bekam, die, (der Versuch geschah noch Vormittags), den ganzen Nachmittag hindurch anhielt. Eine damit verbundene allgemeine Mattigkeit und Schläfrigkeit in allen Gliedern nöthigte mich, über Gewohnheit

zeitig das Bett zu suchen, und es bis den andern Morgen spät zu hüten. Auch diesen folgenden Tag dauerte sie nebst einem widrigen Wüstesеyn im Kopfe, abgebrochenen Neckereien in den Zähnen und einem, seit dem vorigen Tage sich, sobald ich mich zurücklehnte oder niederlegte, einfindenden empfindlichen Reize im Halse fort. Ein sehr widriger Zustand allgemeiner Lästigkeit und Mattigkeit machte mich mehrere Tage zu ernstlichen Arbeiten ganz untauglich und noch jetzt, fast 1½ Wochen danach, macht mich jede sonst unbedeutende Anstrengung des Körpers wie des Geistes gleich matt und leidend, und galv. Versuche widerstehen mir so sehr daß, so sehr sie mich auch vorher von allen Seiten anzogen, ich mich ordentlich angreifen muß, wenn ich mich ihrer von Neuem anzunehmen habe *."

Auch andere, z. B. Böckmann **, Most *** und Aldini † haben beobachtet, daß wiederholte Erschütterungen und Durchströmungen des Galvanismus durch den Körper unruhigen Schlaf, eigenthümliche Träume, Müdigkeit und Mattigkeit, Mißmuth, beschleunigte Bewegung des Darmkanals, ungewöhnlich starken Abgang von Blähungen, verstärkte Urinausleerung u. s. w. zur Folge haben.

Most bemerkt, er habe öfters 3 bis 4 Stunden nach dem Galvanisiren mitunter ein plötzliches Zucken in den Füßen, in den Wadenmuskeln und in andern Theilen, die gerade nicht in die galvanische Kette gekommen seyen, beobachtet, und dieses auch durch die Aussage galvanisirter Kranken bestätigt gefunden. Derselbe erwähnt, wenn man sich auf einem Isolatorium eine Viertelstunde lang galvanischen Schlägen oder Strömungen ausgesetzt habe, und man berühre nachmals, selbst noch 1 bis 2 Stunden nach dem Versuch einen Menschen von sensibler Constitution, ein Kind, eine hysterische Frau, einen schwachen Mann u. s. w. so empfinden diese Personen eine schwache Zuckung im Augenblicke der Berührung.

---

* Einen mit dem Ritterischen sehr übereinstimmenden, an sich angestellten, Versuch beschreibt Most (über die großen Heilkräfte u. s. w. S. 93). Auch bei ihm wurde der mit dem negativen Pole in Verbindung stehende Arm steif und krampfähnlich, das Gefühl darin ungefähr der steifen Mattigkeit ähnlich, die bei heftig inflammatorischen Fiebern, bei denen ein Aderlaß indicirt ist, Statt findet, der Arm, der mit dem positiven Pol in Verbindung stand, war dagegen gelenkiger, empfindlicher, beweglicher geworden. Der Puls an der letztern Hand ging schnell, etwas zusammengezogen und klein, ungefähr wie bei einer Hysterischen, der an der linken Hand zeigte sich dagegen stark, voll und kräftiger, ungefähr wie der Pulsschlag bei einem volleligen, an Pneumonie leidenden Menschen. Nachdem sich Most 15 Min. lang von der Volta'schen Säule entfernt hatte (der Versuch hatte 20 Minuten gedauert) waren alle Differenzen zwischen beiden Armen verschwunden. — Bei Ritter mochten, wie er selbst bemerkt, die langen Nachwirkungen seines Versuchs zum Theil von den vorhergegangenen, namentlich durch den Kopf geleiteten, starken Erschütterungen herrühren.

** Gilb. VIII. 144.

*** Ueber die großen Heilkr. des Galv. 95.

† Essai I. 237.

Selbst schon eine einfache Kette vermag bei gehöriger Application bemerkenswerthe Wirkungen auf den ganzen Körper hervorzubringen. So verband Achard am Menschen die Mundhöhle und den After mittelst Zink und Silber, und sah dadurch Schmerzen im Unterleibe, zunehmende Thätigkeit des Magens und Veränderung der Excremente erfolgen, und Humboldt nahm bei diesem Versuche, wenn er das Silber etwas tief in den After hineinschob, helle Blitze vor beiden Augen wahr, die sich sogar in diesem Falle stärker zeigten, als bei jeder andern Application dieser Metalle.

Humboldt hat denselben Versuch mit bemerkenswerthen Ergebnissen an verschiedenen Thieren wiederholt *.

Er wartete bei einem sterbenden Hänfling die letzten sichtbaren Athemzüge ab. Die Augen waren schon geschlossen, das Thierchen lag auf dem Rücken und mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After brachte keine Spur einer Bewegung hervor. Humboldt eilte nun, ihm ein Zinkplättchen zwischen den Schnabel und Silber in den After zu stecken. Beide Metalle verband eine eiserne Kette. Und siehe, im Momente des Contacts öffnete der Hänfling die Augen, richtete sich auf und schlug mit den Flügeln. Er athmete nun wieder 6 bis 8 Minuten ungehindert, bis er von Neuem umsank und ruhig starb. — Ein ähnlicher Versuch gelang an zwei Canarienvögeln.

Wenn man einem lebendigen unverletzten Frosche mit einem seidenen Faden die Hinterschenkel zusammenbindet und ihn mit dem Steiß auf Zink setzt, so kann man ihn mit Zink im After reizen, ohne daß er sich wirklich bewegt. Kaum aber berührt man ihn mit Silber, so sprengt er die Fäden und thut einen oft acht Zoll weiten Satz. „Nichts, sagt Humboldt, übertrifft die Wirksamkeit eines solchen galvanischen Zinklavements."

Ein schlafendes Murmelthier wurde nach Prünelle ** dadurch erweckt, daß man die (an ihren Knöpfen mit Kochsalzlösung befeuchteten) Poldrähte einer Säule in den Mund desselben leitete, während Schläge Leydner Flaschen nur ein unvollständiges und nicht anhaltendes Erwachen bewirkten.

Einfluß auf Muskelcontractionen. — Bringt man einen, von der äußern Hautbedeckung entblößten, Muskel oder ganze Muskelpartieen eines lebenden oder kurz zuvor getödteten Menschen oder Thieres in die Kette, so erfolgen beim Schließen und zuweilen auch beim Oeffnen lebhafte Contractionen dieser Muskeln, indeß während des Geschlossenseyns das Ganze ruhig bleibt. Eben dergleichen Contractionen lassen sich hervorrufen, wenn man nur einen Theil eines entblößten Nerven in die Kette nimmt, indem man die

* Gereizte Muskel- und Nervenfaser. I. 333.
** Gilb. XL. 317.

einfachen Erreger oder Poldrähte der Säule auf verschiedene Puncte desselben aufsetzt; in welchem Falle alle diejenigen Muskeln in Zukkung gerathen, welche Zweige von diesem Nerven unterhalb der geschlossenen Stelle erhalten.

Erman hat sich überzeugt *, daß sowohl die Schließungs- als Trennungszuckung mit einer Volumenverminderung des Muskels begleitet ist, dagegen während des Geschlossenseyns der Muskel das Volumen, das er im ungereizten Zustande hat, besitzt.

Es ist bekannt, daß man sich dieser Zuckungen zur Unterscheidung des Scheintodtes vom wahren Tode bedienen könne, denn sie erfolgen zwar auch noch bei wirklich getödteten Thieren einige Zeit nach dem Tode, aber nur so lange, als noch eine Spur lebendiger Reizbarkeit in den Muskeln zurück ist.

Noch zweckmäßiger, als blos den Muskel in die Kette zu bringen, ist es, am positiven Pole mit dem Nerven, am negativen mit dem Muskel eines Theils, den man in Zuckung versetzen will, zu schließen: so wie sich auch noch verschiedene andere Anordnungen dieser Versuche vornehmen lassen, die wir unter den Froschschenkelversuchen beschreiben werden.

Hinsichtlich der mannichfaltigen Versuche, welche über diese Zuckungen an den Cadavern von Menschen oder größern Thieren angestellt worden sind, verweisen wir auf untenstehende Literatur **.

Blos die Beschreibung einiger Versuche von Ure, an einem seit einer Stunde Gehängten angestellt, wollen wir ihres besondern Interesse's halber hier ausheben:

Als der mit einem Pole der Batterie aus 270 Plattenpaaren, mit verdünnter Schwefelsäure aufgebaut, verbundene Stab mit dem Rückenmark in Berührung gebracht ward, während der andre Leitungsstab den ischiadischen Nerven berührte (nach gehöriger Bloslegung dieser Theile), gerieth jeder Muskel des Körpers sogleich in heftige krampfhafte Bewegungen, die einem heftigen Frostschauer glichen. Wurde der zweite Stab auf die Ferse (in einen Einschnitt) gerichtet, nachdem das Knie zuvor gebeugt worden war, so streckte sich der Schenkel mit einer solchen unwiderstehlichen Gewalt aus, daß er einen der dabei Stehenden beinah umwarf. Als die Spitze des einen Drahts mit dem großen Kopfe des Zwergfells in Berührung gesetzt ward, während die andre den Zwergfellnerven im Nacken berührte, und nun der eine Draht an der Säule vom 220sten bis

---

* Gilb. XL. 1.

** Ritter phys. chem. Abhandl. I. 176; — Aldini in s. Essai etc. I. 121. II. 38. — Pfaff in s. Schr. 112. Register zu Gilb. Ann. S. 204. — Ure in Gilb. LXII. 209. — Giulio in Voigt Mag. f. d. n. Phys. V. 161. VI. 33.

zum 270ſten Plattenpaare fortgeführt ward, ſo daß mehrere ſchnell hintereinander folgende, an Stärke zunehmende, Entladungen erfolgten, trat augenblicklich ein tiefes, ja angeſtrengtes, Athmen ein. Der Bruſtkaſten hob ſich und ſank wieder; der Leib trat hervor und fiel wieder zuſammen; das Zwergfell erſchlaffte und ſtieg wieder in die Höhe. Dieß dauerte ununterbrochen ſo lange fort, als die elektriſchen Entladungen fortgeſetzt wurden. — Als der eine Draht am Supraorbitalnerven, der andre auf die Ferſe gerichtet wurde, erfolgten außerordentliche Verzerrungen, ſo oft die Batterie wie vorhin durch Hinführen des einen Drahts vom 220ſten bis 270ſten Plattenpaare entladen wurde. Jeder Muskel des Geſichts gerieth in furchtbare Thätigkeit; Wuth, Schreck, Verzweiflung, Angſt und fürchterliches Lächeln drückte ſich vereint im Geſicht aus, ſo daß mehrere Zuſchauer vor Entſetzen und Uebelkeit ſich entfernen mußten und einer in Ohnmacht fiel. — Als mit einem Draht am Rückenmark, mit dem andern am Armnerven wie vorhin geſchloſſen ward, bewegten ſich die Finger ſchnell, wie die eines Violinſpielers, und ein Gehülfe verſuchte vergebens, die Hand zur Fauſt zu ballen. Wurde der eine Stab in einen kleinen Einſchnitt in die Spitze des Zeigefingers gebracht, ſo ſtreckte ſich dieſer augenblicklich aus, da man die Fauſt vorher geballt hatte. Mit dem krampfhaft bewegten Arme ſchien er auf die verſchiedenen Zuſchauer zu zeigen, von denen einige glaubten, er ſey in's Leben zurückgekehrt.

Man führt auch einen Verſuch an, daß eine friſche Ochſenzunge, mittelſt eines eiſernen Nagels an einen Tiſch befeſtigt, ſich beim Schließen der Kette ſo ſtark zuſammengezogen habe, daß ſelbſt der Nagel aus dem Tiſch geriſſen wurde.

Die Erörterungen Ritter's über den Gegenſatz zwiſchen Flexoren und Extenſoren, hinſichtlich der Einwirkung des Galvanismus, die noch nicht gehörig außer Zweifel geſetzt ſcheinen, überlaſſen wir dem Leſer an den betreffenden Orten * ſelbſt nachzuſehen.

Uebrigens werden eben ſowohl die unwillkührlichen Muskeln, z. B. des Herzens und der Eingeweide, als die willkührlichen Muskeln durch den Galvanismus zu veränderter oder beſchleunigter Bewegung und Zuſammenziehung veranlaßt, erſtere jedoch in ſchwächerem Grade **.

Anfangs hatte man den Erfolg bei den unwillkührlichen Muskeln geläugnet; allein vielfache Erfahrungen ſpäterer Beobachter ſetzen

---

* Ritter in ſ. Beitr. II. 93. 105. 145. — Derſelbe in Gilb. Ann. XIX 3. (hier iſt das Geſammtergebniß kurz zuſammengezogen). — Pfaff (gegen Ritter) in Gilb. Ann. XXIII. 54.

** Vergl. Ritter Beitr. I. St. 1. 90. — Humboldt I. 335. 342. — Gilb. XIII. 238. — LXII. 242. — Aldini I. 162. — Pfaff 119. — Der Erfolg tritt ſelbſt dann ein, wenn man z. B. beim Herzen blos die Nerven nicht aber die Muskeln des Herzens armirt (Humboldt 341).

ihn außer Zweifel. Jener Nichterfolg scheint blos von Anwendung nicht hinreichend wirksamer Erreger abgehangen zu haben.

Wirkung des Galvanismus auf die Sinnesorgane. Ueber diese Wirkungen hat wiederum Ritter die ausführlichsten Untersuchungen angestellt *, welche wir, jedoch mit kritischer Prüfung nach andern Erfahrungen, hier hauptsächlich benutzen werden.

Wirkung auf das Auge **. Es ist schon früher erwähnt worden, daß selbst schon durch die einfache Kette sich eine blitzähnliche Empfindung im Auge hervorbringen läßt, die von manchen wahrgenommen wird, auch wenn sie das Auge nicht unmittelbar in die Kette bringen, sondern nur zwischen zwei Theilen der innern Mundhöhle schließen ***, und man kann überhaupt den Versuch damit auf eine der folgenden Arten anstellen. Man bringt eine Metallplatte an den Augapfel selbst, oder an das zuvor gut angefeuchtete Augenlied und setzt sie darauf mit der andern in Berührung, die man an das andre Auge oder im Munde hält, oder auch man hält dieses zweite Stück Metall mit der Hand, die recht feucht ist, fest und bringt dasselbe mit der ersten Metallplatte am Augapfel oder Augenlied zusammen, oder man bringt beide Metallstücken mit gewissen Stellen im Innern des Mundes, und darauf mit einander in Berührung. Bei einer Säule von 20 bis 30 Paaren indeß erhält man das gleiche Leuchten, wenn man, indem man sich vermittelst der Hand mit dem einen Pole der Säule in gehörige Verbindung setzt und an die Spitze eines Metallblechs oder einer Metallruthe, die mit dem andern Pole in Verbindung steht, das Auge oder irgend einen andern Theil des Mundes, auch wenn man die Stirne, die Nase, die Wangen, die Lippen, das Kinn, sogar wenn man die Kehle daran bringt; mit einem Worte, welchen Theil des Gesichts man will, wenn er nur zuvor angefeuchtet ist. Doch ist die Gestalt und Stärke dieses Lichts nach den Stellen, auf welche man den el. Strom richtet, ein wenig verschieden; richtet man ihn z. B. auf die Stirn, so ist das Licht nicht sonderlich lebhaft und gleicht einem leuchtenden Kreise (Volta).

Einen besonders interessanten Erfolg aber erhält man, wenn man das Metallblech fest zwischen den Lippen, und die Spitze der Zunge daran hält. Schließt man nachher mit einem andern Theile des Körpers und ist der Apparat gehörig wirksam, so hat man eine

---

* In Ritter Beweis u. s. w. 78; ferner in Gilb. Ann. VII. 491; XIX. 1.; letztere beide Abhandlungen auch in s. phys. chem. Abh. I. 291. III. 344.

** Volta in Ritter Beitr. I. St. 3. 217. — Ritter in s. Beweis, daß u. s. w. 84.; in s. Beitr. I. St. 3. 217. II. St. 3. 167. 173.; in Gilb. Ann. VII. 449. 450. 467. XIX. 6. — Purkinje in Kastn. Arch. V. 436; in s. Beitr. I. 50. — Pfaff über thier. El. und Reizb. 142. — Reinhold in Gilb. XI. 377. — Aldini Essai I. 192.

*** Unstreitig wegen des Nervenzusammenhangs dieser Theile mit dem Auge.

Empfindung von Licht in den Augen, eine Zuckung in den Lippen und ſelbſt in der Zunge, ein ſchmerzhaftes Stechen an ihrer Spitze und zuletzt noch Geſchmack (Volta).

Dies betraf blos die mit der Schließung eintretende Lichterſcheinung im Allgemeinen. Allein auch während des Schließens am Auge zeigen ſich bei genauer Aufmerkſamkeit eigenthümliche ſubjektive Erſcheinungen.

Purkinje* beſchreibt die Erſcheinungen für dieſen Fall folgendermaßen**:

Bringt man den poſitiven Poldraht in den Mund und berührt mit dem negativen Poldraht den von den Augenliedern bedeckten Augapfel von Vorn, ſo erſcheint in dem früher dunkeln Geſichtsfelde an der Eintrittsſtelle des Sehnervens eine hellvioletſe Lichtſcheibe, im Achſenpuncte des Auges aber (d. i. im Centrum des Geſichtsfeldes) ein rautenförmiger dunkler Fleck, der mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbande umgeben iſt; darauf folgt ein gleiches finſteres Intervall, dann noch ein etwas leuchtendes gelbliches Rautenband.

Wechſelt man die Pole, bringt den poſitiven Pol an das Auge, und den Kupferpol in den Mund, ſo kehren ſich die Licht- und die Schattenparthieen um; am Eintrittsort des Sehnerven iſt ein finſterer kreisrunder Fleck, mit einem hellvioletten Schein umgeben, welcher Schein ferner als ein hellvioletes Rautenband gegen die Mitte des Geſichtsfeldes auf- und niederſteigt, [illegible] an der andern Seite ſchließt; von dieſem Rautenbande nach [illegible]n zeigt ſich ein finſteres Intervall und im Achſenpuncte des [illegible] eine glänzende hellvielette Rautenfläche.

Bemerkt mag hiebei der Gegenſatz werden, daß der poſitive Pol den Achſenpuncr des Auges erleuchtet und die Eintrittsſtelle des Nerven dunkel läßt, dagegen umgekehrt der negative Pol letztere Stelle erhellt und erſtere finſter läßt.

Ritter hat die Unbequemlichkeit und ſelbſt den für das Auge reſultirenden Nachtheil des Verfahrens*** nicht geſcheut, den einen Poldraht (einer Säule von 60 bis 100 Paaren) in unmittelbare Berührung mit dem Augapfel zu bringen, während am andern Pole durch einen beliebigen andern Theil des Körpers geſchloſſen

---

* Poſſ. Arch. V. 434.

** Es iſt zu bemerken, daß es gut iſt, um die äußere Hautoberfläche vor zu heftigem Schmerz und Entzündung zu bewahren, dieſelbe an den Stellen der Berührung mit dem Leiter mit naß gemachtem Löſchpapier oder Leinwandläppchen zu bedecken. Eine ſchnell wiederholte oder oscillirende Entladung mittelſt feiner Kettchen als Leiter iſt zweckmäßig, die Lichtfigur in gleicher Lebhaftigkeit vor dem Sinne zu erhalten. — Purkinje bediente ſich einer Säule aus 60 Plattenpaaren von 3 Zoll Durchmeſſer.

*** Bei fortgeſetzten Verſuchen auf ſolche Art entſteht nämlich Augenentzündung.

ward. Die theils von Reinhold *, theils von Moll ** bestätigten Resultate, welche er hiedurch erhielt, sind folgende ***.

Wurde mit dem positiven Pol am Auge geschlossen, so erschien neben einem ziemlich starken, plötzlich eintretenden Schmerz im Auge ein außerordentlich heller und lebhafter Blitz, welcher nichts als der Eintritt eines, während des Geschlossenseyns bleibenden erhöhten Lichtzustandes war; zugleich wurden während dieses Geschlossenseyns nahe Gegenstände mit einer blauen Farbe erblickt, ihre Umrisse erschienen minder deutlich und verwischt, und ihr Umfang verkleinert †. Bei Trennung der Kette entstand ein neuer Blitz, der aber von verschwindendem Licht herrührte, indem jetzt verminderter Lichtzustand, rothe Farbe, Vergrößerung äußerer Gegenstände und deutlicheres Erkennen derselben eintrat, welche Erscheinungen allmälig auf Null zurückkamen.

Wurde andrerseits mit dem negativen Pole am Auge geschlossen, so war die Ordnung der Erscheinungen gerade die umgekehrte, indem diejenigen, welche im vorigen Falle nach der Schließung Statt fanden, hier nach der Trennung eintraten und so umgekehrt.

Uebrigens muß bemerkt werden, daß zwar stets ein Farbengegensatz zwischen der Wirkung des positiven und negativen Pols Statt findet; daß jedoch dieser blos bei den stärkern Graden der Wirkung Blau und Roth zu seyn scheint; dagegen bei schwächern Graden mannichfache Nuancen zeigt; was vielleicht mit den früher (Th. II. cf. Licht) erörterten Umständen zusammenhängt. Nach Purkinje läßt sich die Farbe des Lichtscheins bei geringem Grade galvanischer Wirkung überhaupt höchstens als ein schwaches Grau bestimmen. Bei stärkerer Wirkung zeigt sie sich nach ihm am Zinkpole hellviolet, am Kupferpole gelb, dort viel intensiver als hier. Manchmal bemerkt man auch am einen Pole eine mehr grüne Nüance als am andern.

Nach Ritter ferner tritt, wenn man das Auge längere Zeit in starken Ketten von 100 bis 200 Lagen läßt, schon während des Geschlossenseyns der Kette Umkehrung der Wirkungen ein, so daß z. B. das anfänglich am positiven Pol erscheinende Blau allmälig durch Grau und Gelb in das intensivste Roth übergeht ††; welches sich nach der Trennung wieder in Blau verwandelt. Auch am

* Gilb. Ann. XI. 379.

** Moll. S. 81.

*** Am besten gelingen diese Versuche im Halbdunkel, und sie fallen um so deutlicher aus, sind aber auch um so beschwerlicher anzustellen, je mehr Plattenpaare die Batterie enthält.

† Auch Moll fand, daß der Kreis, der durch Schließung an der Stirn mit dem positiven Pole als Lichtschein mit rothlicher Farbe erscheint, kleiner (etwa wie 3 : 5) ist, als der ähnliche blaue Lichtkreis, der durch Schließung mit dem negativen Pole erscheint.

†† Welches stärker ist, als man es sonst am negativen Pol selbst bemerkt.

negativen Pole erfolgt eine solche Umkehrung, doch schwieriger. Letztere von Ritter angestellte Erfahrungen werden indeß wenige Lust haben zu wiederholen.

Wirkung auf das Gehör *. — Bringt man in jedes Ohr eine metallische Sonde und setzt sie nachher mit den beiden Polen des Apparats aus 30 bis 40 Platten ** in Verbindung, so erhält man im Augenblick der Schließung eine Erschütterung im Kopfe, und hört während des Geschlossenseyns einen Schall oder vielmehr ein Geräusch, das sich nicht wohl näher bestimmen läßt und bald mit einer Art von Knistern, wie wenn zäher Teig kocht, bald mit der Wahrnehmung einer Reihe von Kugeln, die durch den Gehörgang rollen, verglichen wird, und sich unstreitig in der Stärke nach der Stärke der angewandten Batterie abändert ***.

Ritter will auch hier specifische Verschiedenheiten zwischen der Wirkung des negativen und positiven Pols wahrgenommen haben. Bei Armirung eines Ohrs allein mit dem positiven Pole ist es mehr, als ob sich etwas auf dieser Seite vor den Kopf legte; bei Armirung mit dem negativen Pol hingegen dringt es geradezu hinein in schneidenden, nach allen Richtungen gehenden, Stralen. Außer dem Schlage soll der positive Pol eine Abnahme, der negative eine Schärfung des Gehörs während des Geschlossenseyns hervorrufen. Endlich behauptet Ritter, daß das bei der Schließung entstehende Geräusch mit einem scheinbaren Tone begleitet sey, der, wenn beide Ohren zugleich in der Kette sind, als $\overline{g}$ zu unterscheiden sey. Sey blos das eine Ohr in derselben, so sey, wenn es sich am positiven Pol befinde, der Ton tiefer als $\overline{g}$, am negativen Pol aber höher als $\overline{g}$, und zwar respectiv um so tiefer und höher, je stärker die Action der Säule ist; der höhere Ton sey zugleich merklich stärker als der tiefere; beide dauern während des Geschlossenseyns der Kette fort, und gehen bei Trennung der Kette in den entgegengesetzten über, d. i. der höhere in den tiefern u. s. f. — Es muß jedoch bemerkt werden, daß Anderen (z. B. Erman) auch bei mannichfaltiger Abänderung der Versuche die Wahrnehmung bestimmbarer Töne durchaus nicht hat glücken wollen.

Wirkungen auf das Geruchsorgan †. — In der Nase erregt der negative Pol nach Ritter einen Drang zum Niesen,

---

* Vergl. Volta in Ritters Beitr. I. Bds Stück 218. — Ritter ebend. II. St. 3. 160. phys. chem. Abh. II. 307. Gilb. Ann. VII. 463. — Erman in Gilb. XI. 27. — Pfaff über. El. 247.

** Mit einfacher Kette läßt sich kaum eine bemerkliche Wirkung auf das Gehör hervorbringen; doch will Fowler eine schwache durch Zink und Silber verdächtet haben.

*** Bei Armirung beider Ohren zugleich, sind die Wirkungen viel heftiger als bei Armirung eines Ohrs allein.

† Volta in Ritters Beitr. I. St. 3. 219. — Ritter in s. Beweis 98. Beitr. I. Bds St. 219; II. Bds St. 161. 160. — Gilb. VII. 453.

endlich dieſes ſelbſt, und zuweilen eine Spur von Geruch nach Ammoniack. Der poſitive Pol hingegen hebt die vorhandene Fähigkeit zum Niesen auf, und bringt überhaupt eine Abſtumpfung der Naſe, wie etwa durch Chlor, hervor. Zuweilen hat man ſelbſt deutlich eine Art von ſaurem Geruch. Beide Wirkungen halten mit dem Geſchloſſenbleiben der Kette an und jede geht bei der Trennung in die ihr entgegengeſetzte über.

Wirkung auf das Geſchmacksorgan *. — Auf der Zunge bewirkt der poſitive Pol (abgeſehen von dem zugleich empfundenen Schlage) einen ſauren Geſchmack, der während der Schließung anhält, mit der Trennung aber in einen bittern alkaliſchen übergeht. Der negative Pol giebt bei und während der Schließung einen alkaliſchen und erſt bei der Trennung den ſauren Geſchmack. Bei ſehr ſtarker Wirkung beobachtete Ritter auch hier ſchon während der Schließung Uebergang in den Gegenſatz, ſo wie beim Auge.

Von den Geſchmacksverſuchen mit der einfachen Kette iſt ſchon S. 2 und S. 471 die Rede geweſen. Auch hier hat der Geſchmack (der bei Belegung der Zungenſpitze mit Silber und der hintern Zungenfläche mit Zinn entſteht), wenn das Organ leicht erregbar iſt, bisweilen die volle Bitterkeit der Polygala amara. Dabei findet es Humboldt merkwürdig, daß bei dieſem Experimente zugleich auch das Gefühl, wie vom Genuß heißer Speiſen, afficirt wird, indem die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge erregt, nur eine Erſcheinung dieſes Gefühls iſt. Denn man bemerkt dieſes Brennen vollkommen auch in der Lippe, wenn man dieſe nebſt der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, ſo wie man mit dem Zink tiefer gegen die Zungenwurzel fortſchreitet. Setzt man das Galvaniſiren an dieſer Stelle lange fort, ſo erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann; und daß dieſe Uebelkeit nicht Folge eines mechaniſchen Reizes ſey, erhellt daraus, daß man unter ähnlichen Umſtänden homogene Metalle lange Zeit appliciren kann, ohne daſſelbe Gefühl zu erregen. (Humboldt.)

Dagegen erfuhr Humboldt mehreremale theils an ſich ſelbſt, theils fand er es durch die Empfindungen Anderer beſtätigt, daß, wenn man die Reizbarkeit der Zunge durch Beſtreichen derſelben mit einer verdünnten alkaliſchen oder Chlor-Auflöſung erhöht, man bei jeder Berührung der (vorher ganz unwirkſamen) homogenen Zinkſtange brennende Schläge in der ganzen Mundhöhle fühlte.

---

* Volta in Ritter's Beitr. I. St. 3. 315. — Ritter in ſ. Beweis, 78; Beitr. I. Bd. St. 32. 34. 216; II. Bd. St. 33. 64. 168. — Gilb. VII. 400; XIX. 8. — Pfaff hier. Cl. 135. — Humboldt ger. Muskel. 317.

Wirkung auf das Wärme- und Kältegefühl*. — Am positiven Pol hat man das Gefühl der Wärme, am negativen das der Kälte. Bei der Trennung geht die Kälte in Wärme, die Wärme in Kälte über. Bei sehr stark wirkenden Säulen soll nach **Ritter** auch diese Umkehrung schon während geschlossener Kette erfolgen, und er bemerkt, daß in diesem Fall doch noch das primäre Verhalten des Schlags fortgedauert habe. (Gild. XIX. 10.)

Man kann bei gehöriger Empfindlichkeit den Unterschied zwischen dem Wärme- und Kältegefühl schon bei der einfachen Kette wahrnehmen, wenn man den obenangeführten Versuch an der Zunge anstellt; viel deutlicher und sicherer erhält man ihn jedoch, wenn man die Zunge mit einem Pole einer Säule in Berührung bringt, und dann am andern Pole mit irgend einem andern Theile des Körpers schließt, wo dann neben der Verschiedenheit des Geschmacks, zugleich die Verschiedenheit der Wärmeempfindung hervortritt. Auch an den **Fingern** kann man diesen Unterschied wahrnehmbar machen, wenn sie recht feucht sind und man zur Berührung mit den beiden Drähten der Batterie die nervenreicheren Stellen derselben ganz nahe an und unter den Nägeln anwendet. Ins Große gehend und durch den ganzen Arm kann man diese Empfindungen haben, wenn diese Batterie stärker wirkt. (**Ritter** in Gild. VII. 459.)

Wirkung auf das Gehirn. — Während, wenn man einen Theil eines Nerven in die Kette nimmt, sich die Wirkung der El. durch alle Nervenzweige unterhalb der geschlossenen Stelle verbreitet, findet dasselbe nicht so bei Armirung des Hirns und Rückenmarks Statt, sondern die Wirkung schränkt sich nur auf die Nerven ein, die aus den von den Erregern berührten Theilen ihren Ursprung nehmen, indem blos die Muskeln, welche von diesen ihre Zweige erhalten, in Zuckung gerathen. So z. B. als **Pfaff**** das Gehirn eines Frosches entblößt und durch einen gelinden Druck auf dasselbe die willkührlichen Bewegungen des Thieres gehemmt hatte, und nun einen Streifen Zinn an dasselbe, und einen Silberdraht an die Zunge anbrachte, zeigten sich bei der Berührung beider Metalle unter einander nur Zuckungen in der Zunge, den Muskeln der Augen und des Schlundes; als er einen Streifen Zinn durch das Rückenmark zwischen den vordern Gliedmaßen stach und der silberne Erreger eine vordere Gliedmaße und das Zinn berührte, entstanden die Zuckungen nur in den vordern Gliedmaßen und den Muskeln des Thorax und erst alsdann in den hintern, da das Zinn in der Gegend, wo die Cruralnerven aus dem Rückenmark entspringen, durch dasselbe durchstochen wurde.

Aldini** hat gefunden, daß lebhafte Contractionen der

---

* Vergl. Ritter in Gild. Ann. VII. 458; XIX. 10; in s. Beitr. II. Bnd St. 163. — Pfaff in Gild. VII. 283. — Reinhold in Gild. XI. 379.

** Pfaff. S. 81.

*** Essai I. 153. 156.

Schlittmuskeln an einem Ochſenkopfe erregt wurden, wenn der eine Draht der Säule auch blos die harte Hirnhaut oder die graue Substanz des Gehirns berührte. Die Zuckungen nahmen jedoch zu, wenn man den Draht tiefer einſenkte.

Wirkung auf die Zeugungstheile. — Schließung am männlichen Gliede mit dem poſitiven Pole bewirkt nach Ritter* immer mehr zunehmende Turgescenz deſſelben, welche zuletzt den Verſuch zu unterbrechen nöthigt**; Schließung mit dem negativen Pole dagegen hebt dieſe Turgescenz allmälig und vollkommen wieder auf.

Wirkung auf die Abſonderungsorgane. — Nach Moſt***, wenn man mit dem poſitiven Pol an der Ohrſpeicheldrüſe, mit dem negativen in der Hand 10 Minuten lang ſchließt, erfolgt verſtärkte Abſonderung von Speichel, der indeß weder alkaliſch noch ſäuerlich reagirt. Eine gewiſſe Steifheit des Halſes und etwas ſchmerzhaftes Schlucken ſind gleichzeitige Folgen dieſes Verſuchs. — Auch bloßes längeres Durchlaufen des Galvanismus quer durch die Arme und Bruſt, ſoll nach ihm zugleich mit verſtärkter Haut- und Urinabſonderung vermehrte Speicheladſonderung nach ſich ziehen.

Wirkung auf die Zähne. — Der S. 2 erwähnte Geſchmacksverſuch mit der einfachen Kette gelingt nicht, wenn man, ſtatt die obere und untere Fläche der Zunge mit den heterogenen Metallen zu belegen, das eine Metall an die Krone der Zähne, das andere an die Zungenſpitze applicirt. Dagegen hat Humboldt† die merkwürdige Erfahrung gemacht, daß er im letztern Falle allerdings gelingt, wenn man die Zähne zuvor durch Säure in den Zuſtand der Stumpfheit verſetzt hat. Bei großer Stumpfheit empfindet man noch überdies hiebei ein widriges Gefühl im Zahn, und manchmal wird zugleich ein Blitz vor den Augen wahrgenommen. Die Zahnhöhle kurz nach dem Herausziehen eines Zahns ſo wie die Höhlung eines hohlen Zahns iſt nach Humboldt's und Ritter's Erfahrungen†† ſehr empfindlich gegen den Galvanismus.

Wirkung auf verwundete Stellen. — Sehr auffallend iſt der Einfluß, welchen der Galvanismus auf die Abſonderung und Empfindung an verwundeten Stellen hat. Humboldt††† ließ ſich zwei Blaſenpflaſter von der Größe eines Laubthalers in die Gegend der beiden Schulterblätter legen. Als die entſtandenen Blaſen beide aufgeſchnitten waren, quoll, wie gewöhnlich, die lymphatiſch-ſeröſe

---

* Ritter's Beitr. II. 32.

** Moſt erhielt denſelben Erfolg. Zugleich wurde die Stimme etwas verändert und ein gelinder Krampf in der Kehle verſpürt. (Moſt über die gr. Heilkraft. S. 121.)

*** Moſt. S. 121.

† Humboldt. S. 165.

†† Humboldt I. 322. — Gilb. VII. 448.

††† Humboldt I. 324.

Feuchtigkeit ungefärbt heraus, und ließ sich, auf dem Rücken eingetrocknet, leicht ohne Hinterlassung einer Spur abwaschen. Humboldt ließ nun die auf der rechten Seite befindliche Wunde mit einer Silberplatte bedecken. Kaum war an diese mit der Hand ein Leiter vom Zink appliciert, und so die Kette geschlossen worden, so floß, unter schmerzhaftem Brennen, neue Feuchtigkeit hervor. Diese Feuchtigkeit erschien aber nicht weiß und gutartig, sie war vielmehr in wenigen Secunden roth gefärbt und entzündete, wo sie herablief, den Rücken mit blaurothen Streifen. Kein bösartiges Geschwür, sagt Humboldt, kann einen so scharfen und schnell wirkenden Saft hervorbringen. Der Versuch, mit der andern Wunde angestellt, gab gleiche Erfolge.

Es ist interessant, die nähere Beschreibung der Empfindung zu lesen, die Humboldt bei diesem und einem andern, den vorigen wiederholenden, Versuche an sich beobachtete. „Diese Empfindung, sagt er, hat für mich auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der des elektrischen Ausströmens. Es ist ein Schmerz sui generis, der nicht das knipsend-stechende, abgesetzte, durchdringende hat, was das el. Fluidum erweckt. Ich unterscheide darin heftiges Pochen, einen ordentlichen Druck mit heftigem Brennen verbunden. Dies Brennen ist ungleich empfindlicher, wenn die Wunde mit einer Silberplatte armirt und von einer Zinkstange in wenigen Berührungspuncten gereizt wird, als wenn eine Zinkplatte auf der Wunde liegt, und man die silberne Pincette zur Verbindung braucht. Der Druck ist oft so heftig, daß ich mit der geballten Faust auf die Schulter geschlagen zu werden glaubte, wenn alle Umstehenden versicherten, daß man mich kaum mit den äußersten Rändern der Metalle leise berühre. So wie matte Froschschenkel oft beim Anfange des Galvanisirens gar nicht, und nach drei- oder viermaligem Contact der Excitatoren lebhaft zucken, so habe ich ebenfalls deutlich an mir selbst bemerkt, daß die ersten Schläge nur dunkel empfunden werden, die folgenden vier bis sechs aber lebhaft afficiren.

„Bis zur Abstumpfung meiner gereizten Nerven, durch fortgesetzte Stimulation, habe ich es nie bringen können. Wenn das Galvanisiren auch ½ Stunden lang fortgesetzt wurde, so blieb der Schmerz doch immer im Zunehmen. Noch am dritten Tage war die Wunde entzündet und ich spürte deutlich den Unterschied zwischen der mehr gereizten linken Schulter und der rechten. Während des Contacts der Metalle waren alle Hals- und Schultermuskeln in sichtbaren wellenförmigen Bewegungen. Der Cucullaris schwoll mächtig auf, so daß sich seine Contractionen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortsätze des Rückenwirbelbeins fortpflanzten. Ja das Haar selbst sträubte sich am Nacken.

„Wenn das eine Metall die Cantharidenwunde, das andere die unverletzte Oberhaut traf, so wurde — da die trockene Oberhaut der Thiere nicht leitet — weder Muskelbewegung noch schmerzhaftes

Gefühl erweckt. Beide traten aber ſogleich ein, als heterogene Metalle beide Wunden armirten und ein Eiſendraht ſie verband. Die Oberhaut bildete nun gleichſam eine 7 bis 8 Zoll breite Brücke, unter welcher durch das Malpighiſche Netz die Zuleitung geſchah. Eben ſo zuckten Froſchſchenkel auf meinem Rücken, wenn Zink auf der einen Wunde, der Cruralnerv auf der andern lag und ein ſilberner Conductor den Zink und die entblößte Haut nahe am Froſchſchenkel, ohne dieſen ſelbſt zu berühren, reizte."

Froſchſchenkelverſuche *. — Die Verſuche über die Muskelcontractionen friſch getödteter Thiere ſind am meiſten mit der einfachen Kette wiederholt und abgeändert worden an den Froſchſchenkeln, und wir haben ſchon öfter Gelegenheit gehabt, dieſe Verſuche zu erwähnen, in deren Reſultate wir hier ſpecieller eingehen werden.

Die Art, wie man Froſchſchenkel Behufs dieſer Verſuche zuzubereiten hat, beſchreiben wir nicht von Neuem, da ſchon früher (S. 5) die Rede davon geweſen iſt **. Ueber den veränderlichen Zuſtand der Reizbarkeit der Froſchſchenkel aber muß hier Einiges vorausgeſchickt werden, inſofern er Einfluß auf die Reſultate der Verſuche hat ***.

Die Zuckungen erfolgen um ſo leichter, auf einem je höheren Grade der Reizbarkeit ſich das getödtete Thier befindet. Dieſer Grad der Reizbarkeit hängt aber von verſchiedenen Umſtänden ab. Er iſt um ſo größer, je kürzere Zeit ſeit dem Tode des Thieres verfloſſen iſt. Die Zeit, wo die Fröſche überhaupt die größte Reizbarkeit beſitzen, fällt in das Ende des Winters und den Anfang des Frühlings, zu welcher Zeit das Thier aus ſeinem Winterſchlaf erwacht und der Begattung nahe iſt †. Iſt dieſe Zeit verſtrichen, und die Begattung beendigt, ſo iſt die Reizbarkeit vermindert. Humboldt verſichert, daß zur Zeit der Begattung die Reizbarkeit, unter übrigens gleichen Umſtänden, beim Männchen in den vordern Extremitäten, mit denen es das Weibchen faßt und feſthält, ſtärker ſey, als in den hintern Extremitäten, und daß ſie bei dem Weibchen zu jeder Zeit im Allgemeinen, vorzüglich in den hintern Extremitäten, größer

* Alle früheren Schriften über den Galvanismus beziehen ſich hauptſächlich auf dieſe Verſuche. Vergl. namentlich außer den Schriften von Pfaff, Humboldt und Creve: Cuvier in den Berl. Abhandl. 1812 bis 1813. S. 155. — Achard in den Nouv. mém. de l'acad. de Berl. 1791. 14.

** Man kann auch die Froſchſchenkel mittelſt Durchſchneidung der Nerven vom Rückenmark trennen, ohne daß ſie darum minder tauglich zu dieſen Verſuchen ſeyen.

*** Vergl. Berichte der franz. Commiſſ. in Ritter's Beitr. I. 66. 67. 101. — Ritter ebend. II. 73. 89. 90. 118. — Aldini in ſ. Essai I. 151. — Pfaff S. 82.

† Zu dieſer Zeit ſoll ſich die Reizbarkeit mehrere Tage hindurch erhalten, und ſelbſt noch, wenn das Fleiſch zu vertrocknen und einen Geruch zu verbreiten anfängt. — Um recht empfindliche Präparate zu erhalten, thut man daher wohl, die Fröſche aus dem Winterſchlafe ſelbſt durch gelinde Erwärmung zu erwecken.

iſt, als beim Männchen. Auch iſt ſie ſtärker bei jüngern Thieren, als bei ältern. Humboldt fand ferner, daß man es in ſeiner Gewalt hat, die ſelbſt ſehr herabgeſtimmte Reizbarkeit von Froſchſchenkeln auf einen ſehr hohen Grad dadurch zu bringen, daß man ſie in Chloraufläſung oder alkaliſchen Auflöſungen badet; dahingegen andere Auflöſungen, ſo namentlich von Arſenik, die Reizbarkeit ſchwächten oder ganz vernichteten *. Man kann mithin durch dieſe künſtlichen Mittel die Froſchſchenkel zu beliebigen Graden der Reizbarkeit ſtimmen. — Tödtet man Fröſche in Waſſer von 28° bis 30° R., ſo wird dadurch nach Pfaff ihre Reizbarkeit gänzlich vernichtet. — Ritter ** u. a. haben beobachtet, daß die Nerven vom Ganzen abgetrennter Theile beim allmäligen Verlöſchen ihrer Erregbarkeit nicht in allen Stellen zugleich, ſondern vom Hirnende nach den peripheriſchen Enden abſterben; ferner erlöſcht nach Ritter die Reizbarkeit der Flexoren überall zuerſt, die der Extenſoren zuletzt.

Von Wichtigkeit iſt es auch, die Umänderungen kennen zu lernen, welche vorausgegangene galvaniſche Verſuche auf die Umſtimmung der Reizbarkeit ſelbſt haben.

Im Allgemeinen bemerkt man, daß, je mehr ſchon galvaniſche Verſuche mit einem Froſchſchenkel angeſtellt worden ſind, um deſto mehr zeigt ſich ſeine Reizbarkeit erſchöpft. Doch beobachtete Pfaff in dieſer Hinſicht folgende Modificationen ***.

Sehr häufig geſchah es, daß, wenn die Reizbarkeit der Gliedmaße durch lange fortgeſetzte Verſuche ſchon ſehr erſchöpft war, oder auch, wenn die Verſuche erſt mehrere Stunden nach dem Tode angefangen wurden, die Application ſehr wirkſamer Erreger Anfangs keine, dann ſchwache, aber allmälig ſtärkere und immer ſtärkere Zuckungen hervorlockte. Dies beobachtete auch Fowler. — Eine andere analoge Erſcheinung war die, daß unwirkſamere Erreger dann, wenn ſie keine Zuckungen mehr hervorbrachten, dieſelben von Neuem hervorzulocken fähig wurden, wenn vorher wirkſamere Erreger angewandt und durch dieſe lebhafte Zuckungen erregt worden waren. Dies bemerkte auch Valli. — Auch wenn die erſchöpften Gliedmaßen einige Zeit in Ruhe gelaſſen worden, zeigte ſich die Reizbarkeit neu belebt. Pfaff beobachtete jedoch dabei den eigenthümlichen Umſtand, daß gegen das Ende, wenn die Reizbarkeit ſchon ſehr abgenommen hatte, nach einiger Zeit Ruhe ſich zwar wieder das erſtemal ſehr lebhafte Zuckungen zeigten, die aber ſchon bei der zweiten Schließung ſehr ſchwach waren, und bei der dritten ſich gar nicht mehr zeigten. Auch bei häufiger Wiederholung, wenn jedesmal ein

---

* Ueber den Einfluß verſchiedener Gasarten auf die Reizbarkeit vergl. Pfaff, 122; Humboldt I. 243; — verſchiedener Flüſſigkeiten: Nysten's Beitr. I. St. 1. 68. — Humboldt ger. Muſk. I. 24. 247. 339. — Aldini: Essai. I. 46.

** Beitr. II. St. 2. 94; phyſ. chem. Abhandl. III. 249.

*** Pfaff thier. El. II. 63. 84. — Ritter Beitr. I. St. 1. 48.

Zwiſchenraum von Ruhe gelaſſen wurde, war immer bei der neuen Schließung die erſte Bewegung ziemlich lebhaft, die folgende nur ſchwach, und beim dritten oder vierten Verſuche erfolgte gar nichts. — Endlich können nach Marianini, wenn eine einfache Kette aufgehört hat, Zuckungen zu erregen, dieſelben doch noch durch Anwendung mehrerer Plattenpaare hervorgerufen werden.

Armirt man zwei, durch ihre Nerven verbundene, Vordertheile von Fröſchen, den einen mit dem poſitiven, den andern mit dem negativen Metall, ſo findet man auch hier einen ſchon früher erwähnten Umſtand beſtätigt, daß nämlich nach einiger Zeit Schließung und Oeffnung des Kreiſes jeder Schenkel dann eine erhöhte Reizbarkeit für die entgegengeſetzte Armirungsart zeigt *.

Die Zuckungen, welche durch die einfache Kette in Froſchſchenkeln erzeugt werden können, ſind unter günſtigen Umſtänden ſehr lebhaft, ſo daß ſelbſt dieſe Schenkel unter gewaltſamer Ausdehnung ſehr weit fortgeſchleudert werden können. Der Erfolg übertrifft in dieſer Hinſicht ſehr viel den der mechaniſchen Reize des Kneipens, Stechens, Drückens, Durchſchneidens, von denen die ſchwächern oft nur partielle Zuckungen in einzelnen Muskeln und ſelbſt die ſtärkſten bei Weitem nicht eine ſolche kräftige Wirkung zur Folge haben. Auch in Rückſicht auf die Dauer der Zeit, innerhalb welcher Zuckungen erregt werden können, übertrifft die Einwirkung der Kette ſehr viel die mechaniſchen Reizmittel. Dieſe zeigen ſich oft ſchon eine Stunde und eher, nachdem die Gliedmaßen vom Rumpfe getrennt ſind, ganz unwirkſam, oder es entſprechen wenigſtens den heftigeren derſelben nur ſehr ſchwache Zuckungen, dahingegen durch den Reiz der Metalle, beſonders unter günſtigen Umſtänden, nach mehrern Stunden, ja nach halben und ganzen Tagen (nach Fowler ſogar nach 70 Stunden) Zuckungen erregt werden können.

Wie es ſcheint, können außer der verſchiedenen Reizbarkeit der Froſchpräparate, auch verſchiedene die Metalle betreffende Umſtände den Erfolg der Verſuche modificiren, von welchen man bis jetzt noch nicht anzugeben weiß, worauf ihr Einfluß beruhe.

So fällt nach Pfaff, Humboldt u. a. ** die Wirkung ſtärker aus, wenn die Armaturen ſich mit Spitzen oder ſcharfen Rändern, als wenn ſie ſich mit breiten Flächen berühren; desgleichen ſtärker, wenn man, im Fall die Armaturen durch ein drittes Metall verbunden werden, dieſe Verbindung durch Auflegung einer Kante, als wenn man ſie durch Auflegung einer breiten Fläche des verbindenden Metalls bewerkſtelligt.

Ferner befördert nach Humboldt *** u. a. eine leiſe Erſchütterung der Armaturen unter einander den Effect.

---

* Ritter Beitr. I St. 1. 58.
** Humboldt I. 191. — Pfaff 231.
*** Humboldt. S. 192.

Sehr bemerkenswerth iſt der von Marianini beobachtete Umſtand, daß nicht allein Oeffnung und Schließung einer Kette Zuckungen im Froſchpräparate zu erregen vermag, ſondern auch partielle Ablenkung des Stroms aus denſelben.

Er tauchte die Enden eines Froſches in zwei Taſſen, welche die Pole eines ſechspaarigen Taſſenapparats enthielten, und als ſeine Zuckungen aufgehört hatten, die gewöhnlich einige Zeit dauern, wenn das Thier friſch präparirt iſt, bewerkſtelligte er eine Nebenſchließung zwiſchen den Polgefäßen durch Eintauchen der Enden eines metalliſchen Bogens in dieſelben. Sofort zuckte der Froſch. Auch erhielt Marianini, bei Anwendung eines Taſſenapparats von 40 Paaren ſelbſt kleine Schläge, wenn er, während zwei Finger derſelben Hand die Polgefäße des Apparats verbinden, eine Nebenſchließung zwiſchen dieſen Gefäßen durch einen metalliſchen Pol bewerkſtelligte. Die ſo entſtehenden Wirkungen ſind jedoch jedenfalls ſchwächer, als die, welche man durch Oeffnung der Kette erhält.

Bei den verſchiedenen Anordnungsarten der Verſuche, durch welche ſich Zuckungen erregen laſſen*, muß man diejenigen Fälle unterſcheiden, wo die Zuckungen nur bei einem hohen Grade von Reizbarkeit erfolgen, und diejenigen, wo ſie ſchon bei einem mäßigen oder ſelbſt noch ſchwachen Grade Statt finden.

Die letzten Fälle, von denen wir zuerſt und vorzugsweis handeln wollen, ſind im Allgemeinen unter den Anordnungen begriffen, wo man zwei, entweder ſich direct oder mittelſt eines beliebigen Zwiſchenmetalls berührende, heterogene Metalle mit dem Froſchpräparate zur Kette ſchließt, indem man entweder mit beiden Metallen den Muskel allein, oder mit beiden Metallen den Nerven allein (an verſchiedenen Stellen) oder mit einem Metall den Nerven, mit dem andern den Muskel deſſelben Schenkels armirt, oder, indem man das eine Metall am Nerven des einen, das andere Metall am Nerven des andern Schenkels einer untern Froſchhälfte appliciert, während beide Nerven noch durch das Rückenmark zuſammenhängen, oder indem man auf analoge Art mit den Muskelparticen der verſchiedenen Schenkel verfährt, oder endlich, indem man Rückenmark und Nerven in ein, die Schenkel in das andere Gefäß mit leitender Flüſſigkeit tauchen läßt, und zwiſchen beiden Gefäßen die Kette ſchließt**.

Wir wollen dieſe Fälle jetzt näher erörtern.

Was die Schließung an den Muskeln anlangt, ſo ſcheint ſie durchaus nur mittelſt Ueberleitung zu den in den Muskeln vorhan-

---

* Vergl. über verſchiedene Anordnungen von Froſchſchenkelverſuchen Pfaff 12. 34. 63. 89. 151. — Humboldt I. 66. 89. — Ritter Beitr. I. St. 1. 126.

** Humboldt's Hauptverſuche in I. Schrift I. 77 flgnn., als theoretiſch nicht Aufklärendes darbietend, hier übergangen werden.

denen Nerven zu wirken *. Denn einerseits bemerkt Humboldt, daß die Contraction nicht mehr gelingt, wenn man ein Stück Muskel so präparirt, daß kein größerer Nervenast mehr darin sichtbar ist **; andrerseits führt Pfaff an, daß die Zuckungen bei bloßer Armatur der Muskeln jedesmal viel lebhafter werden, wenn die Metalle nach der Richtung der Nerven der Muskeln, in welchen die Zusammenziehungen erfolgen sollen, applicirt werden, besonders wenn die Armatur von dem Nerven nur durch eine dünne Wandung von Fleisch getrennt ist, und daß die Zuckungen, welche durch bloße Armirung der Muskeln erregt werden, überhaupt viel schwächer sind, als die bei unmittelbarer Armirung der Nerven unter sonst gleichen Umständen erfolgenden. Im Grunde kommen daher alle Fälle auf bloße, unmittelbare oder durch einen feuchten Leiter vermittelte ***, Armirung der Nerven zurück.

In Betracht kommen bei diesen Zuckungen folgende Umstände:

1) Bei unmittelbarer Armirung zweier Puncte eines Nerven oder eines Nerven und eines zu ihm gehörigen Muskels wird die Contraction in dem Maße stärker, als die Länge des erregbaren, in der Kette begriffenen, Nervenstücks zunimmt, und schwächer, wie diese abnimmt.

2) Die Wirkung wächst deutlich mit der Größe der Berührungsfläche, die man der Armatur mit dem Muskel giebt, nicht merklich aber mit der Größe der Berührungsfläche, die die Nervenarmatur mit dem Nerven gemein hat †.

3) Es werde der Nerv mit dem positiven, der Muskel mit dem negativen Metall armirt, so ist die Zuckung stärker, wenn vom Muskel zum Metall, als wenn vom Metall zum Muskel geschlossen wird ††; eben so ist bei Armirung des Nerven mit einem Metall die Zuckung stärker, wenn mit einem Bogen aus einem andern Metall von einer andern Stelle des Nerven zur Armatur, als wenn umgekehrt geschlossen wird †††.

---

* Vergl. Pfaff 22. 25. 29. 103. — Humboldt I. 104. — Ritter Beitr. I. St. 2. 126. 133.

** Humboldt bemerkt auch, daß, wenn man den armirten Cruralnerven eines auch noch so lebhaften Frosches recht tief durchschneidet und ihn sorgfältig an eine Stelle des Schenkelmuskels legt, wo kein Nervenast selbst durch die Lupe zu beobachten ist, so entstehe nie eine Contraction, man mag Nerv und Zink, oder Schenkel und Zink durch Silber mit einander verbinden.

*** Die Vermittlung der Leitung kann auch durch fremde Stücken Muskelfleisch, nasses Schwamm u. dgl. bewirkt werden, nur daß die Wirkung mit der Länge des feuchten Leiters abnimmt.

† Ritter Beitr. I. St. 1. 102. — Pfaff 10. 63. — Humboldt I. 102.

†† d. h. stärker, wenn die negative Armatur eher mit dem Muskel in Berührung gesetzt wird, als man sie in metallische Verbindung mit der positiven Armatur bringt.

††† Pfaff 10. 22. — Ritter Beitr. I. St. 1. 102. — Humboldt I. 101. 102.

4) Die Wirkung iſt ſtärker, wenn das poſitive Metall am Nerven, das negative am Muskel angelegt wird, als bei der umgekehrten Armirung *. Dieſes gilt nach Volta auch für die Entladungen der entgegengeſetzten Belege Leidner Flaſchen durch Froſchorgane.

Werden beide Armaturen an den Nerven allein angebracht, ſo iſt es nach Pfaff gleichgültig, welche Stellung ſie gegen einander haben, ob das eine oder andere den Nerven nach oben oder unten näher beim Schenkel berühret **. Auch ſcheint es nach Pfaff bei derjenigen Zubereitungsart des Präparats, wo die Schenkelnerven blos an der obern Hälfte des Froſches hängen bleiben, während die untere weggeſchnitten wird, gleichgültig zu ſeyn, welche von beiden Armaturen das Obertheil, welche den Nerven berühret.

5) Wenn das poſitive Metall am Nerven, das negative am Muskel liegt, ſo iſt die Trennungscontraction viel ſchwächer, als die Schließungscontraction; und wenn umgekehrt das negative Metall am Nerven, das poſitive am Muskel liegt, iſt die Trennungscontraction ſtärker, als die Schließungscontraction war ***.

6) Im Durchſchnitt genommen iſt die Trennungscontraction, abſolut betrachtet, immer ſchwächer, als die Schließungscontraction. (Erman.) †

7) Während die Kette geſchloſſen iſt, entſtehen neue Contractionen, wenn der Nerv ſo gegen ſich ſelbſt zurückgebogen wird, daß er ſich in neuen Puncten ſeiner continuirlichen Strecke berührt. (Erman)

8) Sind zwei Präparate ſo vorgerichtet, daß die Nerven des einen an dem poſitiven Metall, die des andern am negativen liegen, ſo bewirkt ein poſitiver Ableiter an dem poſitiv armirten Nerven eine Schließungszuckung, eine negative Ableitung hingegen an dem negativ armirten Nerven eine Trennungszuckung. (Erman.)

9) Sind zwei Präparate ſo vorgerichtet, daß die Metalle an den Nerven liegen, die Muskeln hingegen durch ihre continuirliche Berührung die Kette ſchließen, dann fällt die Schließungszuckung auf den Schenkel, deſſen Nerve poſitiv, und die Trennungszuckung auf den Schenkel, deſſen Nerve negativ armirt iſt. Iſt hingegen die Zuſammenſtellung ſo, daß die Muskeln unmittelbar von den

---

* Pfaff, 69.

** Pfaff, 72.

*** Pfaff, 74. — Pehot in Hist. du galv. par Sue II. 124. — Bellingieri in Mém. de l'ac. roy. des sc. de Turin. XXIII. — Marianini in Ann. de Ch. et de Ph. XL. 237. — Man kann das obige Reſultat auch durch eine ſolche Anordnung des Verſuchs nachweiſen, daß man das Rückgrad mit den Nerven in ein; die Schenkel in das andere Glas mit Leitungsflüſſigkeit tauchen läßt, und beide Gläſer durch einen Bogen heterogener Metalle verbindet (Marianini). Bellingieri hat es auch für die entgegengeſetzten Pole von Säulen als gültig erwieſen.

† Davon behauptet Marianini das Gegentheil. Bei gleichen Umſtänden ſollen ſie ſich nach ihm im Durchſchnitt gleich verhalten.

Metallen berührt werden, die Nerven hingegen die Kette ſchließen, dann iſt Alles umgekehrt, und die Schließungszuckung fällt auf den negativ armirten Muskel. (Erman.)

10) Wenn von zwei Präparaten der Nerv des einen poſitiv, der Muskel des andern negativ armirt iſt, und die Kette wird geſchloſſen durch die Berührung des reſpectiv entgegengeſetzten Muskels und Nerven, dann erhalten beide Muskeln Schließungscontraction. Iſt hingegen die Zuſammenſtellung ſo, daß der Muskel des einen poſitiv, der Nerv des andern negativ armirt iſt, und die Schließung der Kette geſchieht ebenfalls durch Berührung der reſpectiv entgegengeſetzten Muskeln und Nerven, dann haben beide Trennungscontraction. (Erman, Marianini.)

11) Sind zwei Präparate ſo zuſammengeſtellt, daß vom Nerven des einen zum Nerven des andern das leitende Verbindungsglied (z. B. ein feuchter Leiter), welches den Kreis ſchließt, unterhalb der heterogenen Metalle ſich befindet, und oberhalb der Muskeln, ſo folgt, wie in den gewöhnlichen Fällen, die Schließungscontraction an dem Nerven, der mit dem poſitiven Metall belegt iſt, gerade als wäre die leitende Verbindung von Muskel zu Muskel angebracht, nur iſt Alles etwas ſchwächer. Liegen hingegen die beiden Metalle an dem Nerven unterhalb des Leiters, der von einem Nerven zum andern die Kette ſchließt, dann iſt Alles umgekehrt, indem die ſtärkere Schließungszuckung auf die Seite des negativ armirten Nerven fällt. (Erman.)

Wir müſſen bemerken, daß das Reſultat von no. 9) und vielleicht auch einige andere der angeführten Umſtände nur für den Fall gültig ſind, wo die Froſchpräparate ſich in einem mittlern oder ſchwachen Zuſtande von Reizbarkeit in Verhältniß zur angewandten Stärke der Kette befinden, daß dagegen, wenn die Reizbarkeit des Froſches ſehr groß iſt, und nicht durch eine große Schwäche der wirkenden Kette ausgeglichen wird, oder umgekehrt, wenn eine ſehr ſtark wirkende Kette nicht durch eine verhältnißmäßig ſchwache Reizbarkeit des Froſchſchenkels compenſirt wird, nach Ritter gerade das umgekehrte Reſultat erfolgt.

Für die Phyſiologie beſonders wichtig ſind die Verſuche, welche über die galvaniſche Reizbarkeit zerſchnittener und unterbundener Nerven angeſtellt worden ſind *. Folgendes ſind die Hauptergebniſſe hierüber.

1) Schneidet man den Nerven eines Froſchſchenkels in der Mitte von einander, bringt die beiden Enden deſſelben in unmittelbare Berührung, und armirt den Schenkel und den oberhalb des Durchſchnitts befindlichen Theil des Nerven, ſo erfolgt bei Schließung die Zuckung eben ſo ſtark, als wenn der Nerv nicht durch-

* Vergl. hierüber Pfaff. 31. 38. Humboldt I. 207. — Ritter Beitr. I. St. 1. 13. 92. 151.

ſchnitten wäre *; dagegen erfolgt keine Zuckung, wenn man beide Armaturen am obern abgeſchnittenen, wiewohl mit dem andern in Berührung befindlichen, Nervenſtück anbringt. Je größer die Strecke des mit dem Muskel noch zuſammenhängenden Nervenſtücks iſt, die ſich in der Kette befindet, deſto ſtärker iſt die Zuckung.

Was hier von der Durchſchneidung geſagt iſt, gilt auch ganz von der Unterbindung der Nerven, und überhaupt verhält ſich nach Ritter (Beitr. I. St. 1. S. 136) ein gut unterbundener Nerv in allen Stücken durchaus identiſch gegen den Galvanismus mit einem durchſchnittenen. Auch wenn man das Band gleich oder einige Zeit nach der Unterbindung wieder abnimmt, dauert die Wirkung der Unterbindung durchaus fort.

Ein eigenthümlicher, ganz übereinſtimmend von Valli, Pfaff, Humboldt u. a. beobachteter, Umſtand iſt jedoch, daß von der Unterbindungs- oder Durchſchneidungsſtelle des Nerven bis zu ſeinem Eintritt in den Muskel durchaus noch ein Stück frei liegenden Nervens vorhanden ſeyn muß, wenn in den angezeigten Fällen Zuckung erfolgen ſoll. Unterbindet man den Nerv gleich bei ſeinem Eintritt in den Muskel, und armirt einerſeits den Muskel, andererſeits das oberhalb der Unterbindung liegende Nervenſtück, ſo erfolgt keine Zuckung **, ſie tritt aber ein, wenn man den Nerven jetzt ein Stück aus dem Fleiſch herauspräparirt. Eben ſo hört die Zuckung auf, wenn Anfangs zwiſchen Band und Muskel ein Stück des Nerven frei lag, man nun aber dieſes mit Muskelfleiſch oder naſſem Schwamm oder Metall umgiebt. — Allgemein kann man ſagen, daß Unterbindung oder Durchſchneidung des Nerven die Wirkungen des galvaniſchen Reizes nicht hemmt, wenn ein Metall oberhalb, das andere unterhalb der verletzten Stelle den Nerven unmittelbar oder mittelbar (durch den Muskel) armirt, und wenn zugleich dasjenige Stück Nerv, welches zwiſchen ſeiner Inſertion im Muskelfleiſch und zwiſchen dieſer Stelle liegt, in Berührung mit einem iſolirenden Körper iſt.

Wird der Nerv eines Froſches der Länge nach zerfleiſcht und es bleibt auch nur ein einziges Fäſerchen übrig, welches die Armatur mit dem Muskel verbindet, ſo zeigen ſich nach Humboldt die galvaniſchen Erſcheinungen in eben der Stärke, als wenn der Nerv noch ſeinen unverletzten Durchmeſſer hätte.

Humboldt glaubt beobachtet zu haben ***, daß bei ſehr empfindlichen Fröſchen auch dann, wenn man die quer durchſchnittenen

---

* Man kann auch ſtatt des obern abgewendeten Nervenſtücks ein Stück naſſen Schwamm anwenden; die Contraction erfolgt doch, wonach das obere abgeſchnittene Nervenſtück nur als feuchter Zuleiter zu wirken ſcheint. (Ritter Beitr. I. St. 1. 128.)

** Wahrſcheinlich, weil dann der Strom, anſtatt ſich im Nerven zu concentriren, ſich in der ganzen Muskelmaſſe vertheilt.

*** Humboldt I. 86. 212.

Nervenenden nur auf ¼ Linie Weite, mit Vermeidung aller feuchten Zwiſchenwirkung nähert, und oberhalb und unterhalb armirt, Contraction erfolgt. Indeß ſcheint der Schluß, daß dieſer Umſtand auf einer eigenthümlichen aura nervorum oder ſenſiblen Nervenatmoſphäre beruhe, etwas gewagt; und die Möglichkeit, daß ſelbſt feuchter thieriſcher Dunſt bei ſehr empfindlichen Präparaten zur Leitung der Wirkung hinreichend ſeyn könne, in Verbindung mit dem Umſtande, daß auch ungeſchloſſene Ketten bei ſehr empfindlichen Organen Zuckungen erregen können (S. 470 Anm.), möchte hiebei Berückſichtigung verdienen.

Die letzt erwähnte Anordnungsart des Verſuchs gehörte ſchon zu den Fällen, die nur bei ſehr hoher Empfindlichkeit der Froſchorgane von Erfolg ſind; wir wollen jetzt die übrigen hieher gehörigen Fälle durchgehen. Sie ſind nach Humboldt folgende:

1)* Wenn der Lendenmuskel eines Froſches gegen den, organiſch mit ihm verbundenen, Schenkelnerven zurückgebogen wird.

2) Wenn der Schenkelnerv und ſein Muskel mittelſt feuchter Theile verbunden werden.

3) Wenn feuchte Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern machen.

4)** Wenn von zwei ſich berührenden heterogenen Metallen eines den iſolirten oder nicht iſolirten Nerven armirt. Dies iſt der S. 470 erwähnte Fall ohne Kette.

5) Wenn ein homogenes Metall Nerv und Muskel verbindet.

6) Wenn zwei Puncte eines Nerven durch ein homogenes Metall verbunden werden.

7) Wenn ein feuchter Leiter die homogene Nervenarmatur an einem zweiten Puncte verbindet.

8) Wenn heterogene Metalle Nerv und Muskel armiren, und mittelſt eines feuchten leitenden Körpers berühren.

9) Wenn homogene Metalle am Nerven liegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden ſind.

10) Wenn homogene Metalle den Nerv bewaffnen, beide aber mittelſt zweier feuchten Subſtanzen mit einem heterogenen Metalle verbunden ſind.

11) Wenn in der Kette zwiſchen einem Puncte des Nerven und dem andern mehrere Metalle mit feuchten Theilen abwechſeln, und unter allen Metallen nur ein heterogenes iſt.

Zu einigen dieſer Fälle mögen einige beſondere Bemerkungen hinzugefügt werden. Die Anordnung des Verſuchs 1) iſt ſchon S. 6 Anm. beſchrieben worden.

---

* Zu 1), 3) und 6) vergl. Humboldt I. 31. 35. 38. — Ritter Beitr. I. St. 3. S. 37. — Aldini I. 4. — Volta in Gren J. VIII. 317. — Nobili in Bibl. univ. XXXVII. 12.

** Zu Verſuch 5), 6), 7), 9), 10) vergl. Humboldt I. 48. 51. 60. 63. 65. 77. 238. — Pfaff, 64. 157 ff.

Den Versuch 2) kann man bequem so anstellen, daß man zwei Tassen mit Salzwasser füllt, in die eine das Rückgrad mit den Nerven, in die andere die Füße eines sehr empfindlichen Froschpräparats tauchen läßt, während die Schenkel durch eine umgestürzte Tasse unterstützt werden. Darauf verbindet man die Flüssigkeit in beiden Tassen durch mit demselben Salzwasser befeuchteten Asbest oder Baumwolle, wo die Zuckung eintritt. Unstreitig von besonderer Wichtigkeit ist der von Nobili beobachtete Umstand, daß wenn man bei diesem Versuche die Verbindung, anstatt durch einen feuchten Leiter, durch den Draht eines Multiplicators, der aber höchst empfindlich seyn muß, herstellt, der, stets nur schwache, Ausschlag der Nadel anzeigt, daß die Richtung der Strömung von den Muskeln zum Nerven, d. i. vom Fuß des Präparats nach dem Kopf zu geht.

Hinsichtlich des Versuchs 4) ist zu bemerken, daß Erman, der denselben mit der Säule wiederholt hat, es dabei gleichgültig für die Stärke der Wirkung fand, ob er die Muskeln des Präparats auf den einen Pol der (am andern Pol nicht isolirten) Säule legte, während er die Nerven mit dem Boden in Verbindung setzte, oder ob er umgekehrt verfuhr.

Der Erfolg der Versuche 5, 6, 7, 9, 10 wurde anfänglich vielfältig bestritten, und ist vielleicht erst durch Humboldt's höchst genaue und alle etwaige Einwendungen berücksichtigende Versuche* (mit Quecksilber als Leitungsbogen) außer Zweifel gesetzt worden. Jedenfalls aber verstärkt eine, wenn auch nur geringe, Heterogeneität in den Enden des schließenden Bogens die Zuckungen bedeutend. — Dr. Wells fand, daß, wenn zwei homogene Metalle keine Zuckungen erregten, dieselben eintraten, wenn eins derselben an einem Ende mit Seide, Wolle, Holz, der Hand u. dgl. gerieben ward. Befeuchtung begünstigte den Effect des Reibens.

Wir müssen endlich noch erwähnen, daß, so wie zwei heterogene Metalle die Entstehung der Zuckungen sehr begünstigen, dies auch der Fall ist, wenn man zwei heterogene Flüssigkeiten in der Kette auf einander wirken läßt.

Um einen Versuch darüber anzustellen, bringe man ein Froschpräparat auf die (S. 471) angezeigte Art in zwei Gläser mit Wasser, nehme einen recht reinen (am besten mit dem Wasser aus den Gläsern reingewaschenen), silbernen Bogen, und tauche dessen beide Enden zugleich oder eines nach dem andern in die beiden Gläser. Es wird, wenn sich das Präparat nicht auf einer sehr hohen Stufe von Empfindlichkeit befindet, keine Zuckung erfolgen. Man wiederhole jetzt den Versuch, nachdem man das eine von den Enden des Bogens mit Eiweis, flüssigem Leim, Speichel, Blut, dem Saft aus einer Frucht, Seifenauflösung, Kalilauge oder überhaupt einer, von reinem

* Auch auf gleichförmige Temperatur wurde Rücksicht genommen.

Wasser hinlänglich verschiedenen leitenden Flüssigkeit befeuchtet hat, und es werden starke Zuckungen sich wiederholt erregen lassen, bis die Flüssigkeiten sich ausgeglichen haben.

Bringt man dieselbe Substanz gleichförmig an beide Enden des Bogens, und taucht sie gleichzeitig in beide Gläser Wasser, so erfolgen keine Zuckungen. — Zähe Flüssigkeiten eignen sich besser zu diesen Versuchen, als salzige, weil letztere sich zu schnell mit dem Wasser gleichförmig mischen.

Ritter führt auf diesen Umstand, daß auch die Berührung heterogener Flüssigkeiten Elektricität hervorruft, den Geschmacksunterschied zurück, den es macht, je nachdem man Flüssigkeiten aus gläsernen oder aus metallenen Gefäßen genießt. In letzterm Falle nämlich entsteht durch die vom Speichel feuchte Lippe, durch die Flüssigkeit im Gefäß, und durch das Metall des Gefäßes eine Kette, die ihre Wirkung auf die Zunge äußert.

Wirkung des Galvanismus auf verschiedne Thiere. Nicht nur an Fröschen, sondern an Thieren aus allen Classen hat man theils im lebenden Zustande theils kurz nach dem Tode die galvanischen Reizversuche mannichfach wiederholt *. Im Allgemeinen findet man, daß die Empfänglichkeit für diese Versuche bei Amphibien, Fischen und Insekten nach dem Tode bedeutend länger fortdauert, als bei warmblütigen Thieren.

Auch bei den größten Säugethieren konnten die Zuckungen nie über eine Stunde erregt werden, und auf kleinere Thiere, z. B. Mäuse, hatte der Galvanismus nach Pfaff's Versuchen auch gleich nach dem Tode oft keine Wirkung. Doch scheint der Mensch eine etwas längere Reizempfindlichkeit zu besitzen. Die kürzeste Dauer der galvanischen Reizbarkeit zeigen die Vögel. Schreitet man bei kleinen muntern Vögeln nicht sehr schnell zur Nervenpräparirung, so wirkt auch der empfindlichste Reiz nicht mehr.

Die unzerstörbarste Reizbarkeit von allen Thieren zeigen die Frösche und Flußschildkröten. Eidechsen zeigen gewöhnlich einen hohen Grad von Reizbarkeit und heftige Zuckungen, aber der Reiz eines Zinksilberpaares erschöpft sehr bald ihre Reizfähigkeit. Bei den Fischen dauert die Reizbarkeit nach Humboldt zwar kürzere Zeit als bei den Amphibien, aber die Zuckungen sind bei Weitem heftiger und lebhafter. Humboldt sah Fische, deren Kopf bereits vor einer halben Stunde abgelöst war, mit dem Schwanze dergestalt schlagen, daß der ganze Körper sechs Zoll hoch über den Tisch in die Luft flog. Wurde ihre Reizempfänglichkeit durch alkalische Auflösungen oder Chlorauflösung erhöht, so waren sie (besonders die Aale und Schleien) oft kaum zu bändigen.

Entblößt man bei einem Insekte durch einen Horizontalabschnitt die Bewegungsnerven bei ihrem Ursprunge aus dem Gehirn,

* Pfaff S. 112. — Humboldt I. 256. — Aldini I. 20.

so entstehen, auch wenn die Metalle blos die Bewegungsnerven treffen, sehr lebhafte Contractionen. Die Reizbarkeit dauert sehr lange.

Als Humboldt in die unverletzten Gelenke der rechten Schere und des linken Hinterfußes von Cancer pagurus (Taschenkrebs) oder Cancer maenas (im getödteten Zustande) zwei schmale Stangen Zink und Silber drückte, erfolgten lebhafte Zuckungen jener Theile, welches beweist, daß diese Thiere in den Gelenken selbst sehr frei liegende Nerven haben müssen *. Steckt man dem Taschenkrebs Zink in das Maul, während man die gestengelten Augen mit Silber berührt, so kann man durch Schließung beide Augen erschüttern.

Auch an den Gepien, Regenwürmern, Schnecken, Naiden, Lernäen, Eingeweidewürmern der Gattung Taenia und Ascaris lassen sich durch den galvanischen Reiz Zusammenziehungen bewirken.

Gruithuisen (Gehlen J. VIII. 532) endlich fand, daß die Infusorien zwischen den Polen einer Säule im Wassertropfen sterben, besonders, wenn sie sich dem einen oder andern Pol nähern. Tanzend und sich überschlagend beschließen sie ihr Leben.

Wirkung auf Pflanzen **. — Ueber die Wirkung des Galvanismus auf sensible Pflanzen hat man viele widersprechende Beobachtungen, indem die einen eben so bestimmt einen Einfluß auf ihre Bewegungen beobachtet haben wollten, als andre ihn läugnen; doch scheint nach Nasse's Versuchen eine Bewegung der Staubfäden von Berberis vulgaris durch die Einwirkung des Galvanismus bei gehöriger Anstellung des Versuchs nicht wohl geläugnet werden zu können.

Ein Versuch von Grotthuß scheint zu beweisen, daß Saamen in der Kette, selbst wenn es eine einfache ist, nicht zu keimen vermögen; doch erfodert dieser Versuch Wiederholung.

Die ganzen bisher geführten Erörterungen betrafen durchaus nur die physiologischen Wirkungen des von Außen angewandten Galvanismus auf unsre oder fremde Organismen, und nichts berechtigte uns, in den dabei beobachteten Erscheinungen das Spiel einer eigenthümlichen, in diesen Körpern selbst vorhandenen und entwickelten Elektricität zu sehen; denn selbst die Zuckungen, die sich durch homogene Metalle, als Leitungsbogen zwischen Muskel und Nerv ange-

---

* Eben diese Gelenke zeigen eine andere wunderbare Erscheinung. Ist das erste Glied eines Krebsfußes abgelöst, und wird die Wunde mechanisch gereizt, so hat das Thier es in seiner Willkühr, auch das zweite Glied fahren zu lassen, oder mit anscheinender Ruhe wegzuschneiden. (Humboldt.)

** Grotthuß in Gehlen J. VII. 707. — Nasse in Gilb. Ann. XLI. 392. — Giulio in Gehlen J. VI. 455. — Arnim in Gilb. VIII. 263. — Humboldt I. 389. — Voigt Mag. f. d. n. J. IX. 495. — Aldini Essai I. 322.

wandt, oder durch Berührung von Muskel und Nerv unter einander erwecken lassen, können als Wirkungen der Elektricitätserregung durch einfache Berührung heterogener Körper angesehen werden (vergl. S. 7). Dessenungeachtet, wenn wir theils die Anordnung unsres Nervensystems, theils die von ihm abhängigen Erscheinungen in unsrem Organismus, theils die Umstände, welche die elektrischen Fische betreffen, in Betracht ziehen, können wir fast nicht umhin, anzunehmen, daß dasjenige, was in den Nerven im lebenden Körper wirksam ist, nichts anderes als das Fluidum der Elektricität sey, ja daß das ganze Nervensystem seinem Wesentlichen nach einen Erregungs- und Circulationsapparat der Elektricität darstelle, die nur deshalb in den meisten Fällen ihre Wirkungen nicht über den Organismus hinaus verbreitet, weil sie unter den Umständen eines geschlossenen galvanischen Apparats wirkt, so daß nur die Theile, die sich in ihrem Kreise selbst befinden, ihre Wirkungen percipiren können.

Wir müssen gestehen, daß ein Experimentum crucis für diese Ansicht noch fehlt, und daß man daher dieselbe, bis ein solches gefunden seyn wird, noch für problematisch ansehen muß. Dessenungeachtet scheinen mir die Gründe für die Gründe gegen bei Weitem zu überwiegen. Bevor ich aber zur Darstellung dieser Gründe übergehe, sey es mir erlaubt, eine kurze Uebersicht der Anordnung des Nervensystems, so weit sie zu gegenwärtigem Zweck hinreichend ist, vorauszuschicken, zugleich mit Angabe des Bezuges, den man im Fall der Richtigkeit dieser Ansicht den verschiedenen Theilen desselben unterzulegen hätte.

Das Hauptcentralorgan des Nervensystems ist das Gehirn, das in der Schädelhöhle liegt, und sich durch ein, im Hinterhaupt befindliches, Loch des Schädels in den Canal der Wirbelsäule als Rückenmark fortsetzt. In diesem Gehirn und Rückenmark ist die unmittelbare Anlagerung zweier verschiedenen Massen an einander, einer weißen gefäßarmen (Marksubstanz), und einer röthlichgrauen, durch großen Reichthum von Pulsaderzweigen mit viel sauerstoffhaltigem Blut versehenen (Rindensubstanz), merkwürdig, die zusammen das ganze Gehirn und Rückenmark ausmachen, und zwar so, daß im Gehirn die weiße Masse nach Innen, die graue nach Außen liegt, dagegen im Rückenmark das umgekehrte Verhältniß Statt findet. Die weiße Masse des Gehirns setzt sich unmittelbar mit der weißen Masse des Rückenmarks fort, dagegen die grauen Massen beider Theile durch die weiße Masse selbst von einander abgeschnitten sind.

Durch das Mikroskop betrachtet, zeigen sich beide Massen aus Kügelchen gebildet, die in der weißen Masse zu Linien oder Fasern regelmäßig an einander gereiht sind, in der grauen aber unregelmäßig oder klumprig neben einander liegen. Jene weißen Fasern oder Reihen von Kügelchen haben einen sehr verwickelten Verlauf im Gehirn, durchflechten und durchkreuzen sich zum Theil in demselben,

und sollen nach Mehrern durch sehr feine Hüllen von einander gesondert werden. Nehmen wir an, daß das Fluidum, was in den Nerven wirksam ist, dem Gange dieser Fasern folgt, so wird durch den sehr verwickelten Lauf derselben, welchen zu entwirren den Anatomen noch nicht vollständig geglückt ist *, die große Complexität der Functionen des Gehirns einigermaßen erklärlich. Jedenfalls erblickt man den Uebergang der Gehirnfaserung in die Faserung des Rückenmarks sehr deutlich.

Sowohl vom Gehirn als Rückenmark nun laufen eine Menge Leiter aus, die Nerven, um sich in alle Theile hinzubegeben, welche mit dem Gehirn in Wechselverbindung treten sollen. Diese Nerven sind Stränge, bestehend aus vielen neben einander liegenden, auch sich zum Theil verflechtenden, aber nicht in einander übermündenden, häutigen (durch das sogenannte Neurilem gebildeten), ganz feinen Canälchen, Nervenfasern genannt, in denen dieselbe, aus mikroskopischen Kügelchen bestehende, Marksubstanz enthalten ist, welche wir im Gehirn und Rückenmark finden. Der ganze, aus diesen mit Nervenmark gefüllten, bis in die einzelnen Glieder und Organe ununterbrochen fortlaufenden, Canälchen gebildete Nerv wird durch eine gemeinschaftliche Scheide umschlossen und zusammengehalten.

Ueber die Art, wie sich die Nerven in den Organen endigen, ist man noch sehr im Dunkeln, wiewohl es gerade hier wichtig wäre, genaue Kenntnisse zu besitzen. Es scheint, daß diese Endigung verschieden ist je nach den Theilen, zu denen sich die Nerven begeben und den Verrichtungen, die sie in denselben vermitteln sollen. Häufig glaubte man, verleitet durch die Endigungsart der Nerven in dem Gesichts- und Gehörorgan, wo sie klar zu Tage liegt, allenthalben eine flächen- oder hautartige Endigung der Nerven annehmen zu müssen, doch hat man um so weniger Grund, die, in diesen Sinnesorganen Statt findende, Endigung zu verallgemeinern, da gerade durch die verschiedene Endigungsart der Nerven am leichtesten eine Erklärung der verschiedenen Functionen derselben möglich wird, die man häufig durch den dunkeln Begriff einer specifischen Reizbarkeit darzustellen versucht hat **.

In den Muskeln findet nach Prevost's und Dumas *** neuen Untersuchungen gar keine eigentliche Endigung von Nerven Statt, sondern die Nervenfasern beugen sich zuletzt um, und laufen wieder in den Nerven zurück, in welchem sie vom Gehirn ausgelaufen waren, so daß also rücklaufende und auslaufende Fasern in demselben Nerven beisammen liegen und dieser daher nicht als ein

---

* Doch ist in neuern Zeiten sehr viel in diesem Bezuge geschehen.

** Stellt man sich vor, daß die Nerven der Sinnesorgane zur Perception von Imponderabilien aus der Außenwelt bestimmt sind, so wird der Nutzen ihrer freien Endigung, im Gegensatz gegen die Nervenendigung in den Muskeln, sehr erklärlich.

*** Magendie's Journ. 1823. no. 4.

frei ausgehender Leitungsdraht zu betrachten ist, sondern als einer, der von der Säule aus, und zu ihr zurückläuft (Fig. 59). Wahrscheinlich ist es, daß die Endigungen der auslaufenden und rücklaufenden Fasern im Centralorgan, falls es einen elektromotorischen Apparat darstellt, an entgegengesetzten Polen desselben Statt finden; auch behauptet in der That Bellingheri *, daß die Wurzeln der Rückenmarksnerven sich zum Theil bis in die weiße, zum Theil, und namentlich die hintern Wurzeln, bis in die graue Substanz des Rückenmarks verfolgen lassen. Die große Feinheit der Untersuchungen macht jedoch, daß die Anatomen über diese Ursprünge noch nicht einig sind. Jedenfalls deuten die meisten physiologischen und pathologischen Erscheinungen, ja zum Theil die Anatomie selbst darauf hin, daß ein Zusammenhang zwischen der Gehirnfaserung durch die Faserung des Rückenmarks mit den Nerven der Gliedmaßen Statt finde, diese mithin ihre letzten Wurzeln erst im Gehirn selbst haben.

Sehr interessant ist die Art, wie Prevost und Dumas die Zusammenziehungen der Muskeln durch den Einfluß galvanischer Ströme, seyen sie nun im Nerven an sich vorhanden, oder mittelst eines Elektromotors hindurchgelassen worden, erklären. Da nach ihren mikroskopischen Untersuchungen die letzten Ramificationen der Nerven in den Muskeln allemal einander parallel aber senkrecht auf die Richtung der Muskelfasern verlaufen, und da bei erfolgender Zusammenziehung selbst, wie sie ebenfalls fanden, die Muskelfasern sich zickzackförmig und in der Art biegen, daß die Nervenfasern durch die Winkelspitzen der Biegungen verlaufen (siehe Fig. 60.), so schließen sie, daß diese Erscheinung von der Anziehung herrühre, welche parallele galvanische Leiter, wenn sie nach derselben Richtung von elektrischen Strömen durchlaufen werden, auf einander äußern **. In der That müssen nach dieser Ansicht die parallelen Nervenfasern, wenn ein Strom nach derselben Richtung sie durchläuft, sich zu nähern streben, und bei dieser Näherung die Muskelfasern zickzackförmig biegen.

Da die neuern Untersuchungen von Bell und Magendie gezeigt haben, daß nicht nur die hinteren Rückenmarksnervenwurzeln sich von den vordern, sondern auch die hintere Hälfte des Rückenmarks überhaupt von der vordern dadurch unterscheidet, daß Verletzungen der hintern mehr ein Leiden des Gefühls der Theile, welche von hier aus mit Nerven versorgt werden, Verletzungen der vordern mehr Leiden der Bewegungen dieser Theile verursachen, so wird hiedurch nicht unwahrscheinlich, daß die rücklaufenden Nervenfasern sich mehr in der hintern, die auslaufenden mehr in der vordern Hälfte des Rückenmarks endigen.

Außer dem Gehirn und Rückenmark, welche eine großes zusammenhängendes Centralorgan für das Nervensystem bilden, giebt

* In s. Werk de medulla spinali etc. p. 49 ff.

** Von dieser Anziehung wird erst in der Lehre vom Elektromagnetismus die Rede seyn.

es deren noch viele kleinere, im Körper, und hauptsächlich im Unterleibe, verstreute, die Ganglien, in welchen ebenfalls eine doppelte Masse sichtbar ist. Sie sind nicht nur unter sich durch leitende, jedoch etwas anders als die Gehirn- und Rückenmarksnerven geartete, Nerven zu einem Gesammtsystem vereinigt, sondern schicken auch zu Gehirn- und Rückenmarksnerven vielfache Verbindungszweige.

Allerdings fehlt noch sehr viel, daß wir die ganze Anordnung des Nervensystems, wovon hier nur der alleroberflächlichste Abriß gegeben ist, schon als die eines elektromotorischen Apparats zu deuten vermöchten. Sowohl Anatomie, als Physiologie, als selbst die Kenntniß der möglichen wirksamen elektromotorischen Apparate bieten zu viel Lücken dar, um eine solche durchgeführte Deutung schon jetzt für möglich zu halten. Doch entdecken wir theils in der Anordnung nirgends Umstände, welche jener untergelegten Beziehung derselben widersprächen, theils sind viele Gründe derselben günstig.

Die Haupteinwürfe, die man gegen die Identität des, in den Nerven Geleiteten, und der El. gemacht hat, sind folgende: Man sagte: der ganze Nerv ist feucht und ist von Feuchtigkeit umgeben; da nun Feuchtigkeit für die El. ein Leiter ist, so könnte die El. in den Nerven nicht auf dieselben beschränkt bleiben, sondern müßte sich im ganzen Verlauf des Nerven von ihm aus weiter verbreiten und in die benachbarten Theile überfließen. Ferner sagte man: die Nervenleitung wird unterbrochen, wenn man den Nerven durch ein feuchtes Band zusammenschnürt; wäre aber die Nervenleitung mit der Leitung für El. gleichbedeutend, so könnte durch ein feuchtes Band keine Unterbrechung erfolgen.

Bei diesen Einwürfen hat man aber die mögliche isolirende Eigenschaft der Nervenhüllen vergessen. Als das eigentlich Leitende in den Nerven ist nur ihr Mark anzusehen, und jeder Nerv kann gewissermaßen betrachtet werden als ein Bündel aneinandergelegter, mit Seide übersponnener, Leitungsdrähte. Es thut nichts zur Sache, daß die einzelnen neurilematischen Canäle von feuchtem Dunst umgeben sind; die Isolation der einzelnen Marklinien kann darum um nichts weniger vollkommen seyn, wofern nur das Neurilem selbst undurchdringlich für die Feuchtigkeit ist, wie Injektionen wirklich lehren; denn denkt man sich z. B. ein Bündel an einander gelegter Drähte, deren jeder aber mit einer isolirenden Hülle von Siegellack überzogen ist, so wird dann die Isolation des einen Drahts vom andern immer noch vollkommen Statt finden, wenn selbst das ganze Bündel in Wasser gelegt wird, weil die Hüllen von Siegellack, welche jeden Draht unmittelbar umgeben, hindern, daß eine Mittheilung der El. von einem zum andern Statt finde. — Daß trockne thierische Theile an sich Nichtleiter sind, finde ich wenigstens angezeigt; und wenn auch der neurilematische Canal von beiden Seiten feucht ist, so unterbricht doch seine, an sich trockne, Wand selbst die Verbindung von der, auf seiner Innenseite befind-

lichen, Schicht Feuchtigkeit mit der, an seiner äußern befindlichen, und dies um so mehr, da die, in den Nerven geleitete, El. wegen ihrer Erregung nach galvanischer Art, nur eine sehr schwache Repulsivkraft besitzen kann, für welche auch sonst unvollkommene Isolatoren vollkommen isolirend seyn können. Sehr gut läßt sich nun auch hienach die Unterbrechung der Nervenleitung durch Unterbindung der Nerven erklären. Durch das umgelegte Band wird das leitende Mark nach beiden Seiten von der Unterbindungsstelle seitwärts gedrückt; so daß nun keine Continuität desselben mehr Statt findet; vielmehr müssen an der Unterbindungsstelle die gegenüberstehenden Wandungen der neurilematischen Canäle auf einander gepreßt werden, eben wie bei Unterbindung der Blutgefäße die Wände dieser, und somit die Leitung intercipiren.

Man könnte fragen, warum nicht in jedem Nerven das ganze Mark schlechthin von einem neurilematischen Canale umschlossen sey, vielmehr der Nerv aus einem ganzen Bündel von einander isolirter Markfäden und Stränge bestehe. Eine solche Isolation der einzelnen Marklinien in demselben Nerven kann aber in mehr, als einem Bezug von Wichtigkeit seyn. Ein Nerv verbreitet sich oft zu sehr verschiednen Theilen; nun soll aber mittelst des Nervens vom Centralorgan aus nicht immer auf alle diese Theile zugleich gewirkt, sondern z. B. etwa nur der eine oder andre der Muskeln, zu denen sich derselbe Nerv verbreitet, in Bewegung gesetzt werden, während die andern ruhig bleiben; dies wäre nun nicht wohl möglich, wenn die einzelnen Nervenstränge, welche zu den verschiednen Theilen gehn, nicht in ihrer Wirkung von einander isolirt wären. Eben so werden durch diese Anordnung gesonderte Empfindungen (welche durch Rückleitung von den Organen nach dem Gehirn entstehen) für einzelne Theile möglich gemacht.

Ist dieser Einwurf beseitigt, den man der Gleichartigkeit der Nervenleitung und der el. Leitung entgegengesetzt hat, so zeigen sich dieselben in allen übrigen Stücken identisch; namentlich giebt die blitzschnelle Leitung, die für das Nervenfluidum wie für das elektrische, Statt hat, einen wichtigen Gleichungspunct ab. Im Augenblicke, wo der Wille auf das Centralende des Nervens wirkt, (das Einströmen des el. Fluidum darin bewirkt) entsteht auch schon Bewegung im Muskel, in dem der Nerv endigt; umgekehrt, im Augenblick, wo ein Reiz auf das peripherische Ende wirkt, entsteht auch Empfindung im Centralende. Wir finden auch, daß der Galvanismus, auf unsern Körper angewandt, sich vorzugsweise die Nerven zu Leitern wählt, daher man oft die Empfindung längs derselben sich fortpflanzen fühlt; nach dem Gesetze, daß die El. den besten Leitern folgt. Die Nerven scheinen mithin vermöge ihrer Organisation zu Leitern der El. schon ursprünglich eingerichtet zu seyn.

Oefters empfindet man selbst in einzelnen Gliedern freiwillig eine Art Zucken, welches ganz der Empfindung schwacher galvanischer

Schläge gleichkommt und von einer verstärkten Entladung des Gehirns durch diese Nerven abzuhängen scheint. Bei gewissen Krankheiten, namentlich die das Gehirn betreffen, soll diese Empfindung öfters in verstärktem Grade vorkommen.

Wir bemerken ferner, daß fast alle Vorgänge und Empfindungen in unserm Körper, die durch den Einfluß der Nervenkraft hervorgebracht werden, sich auch durch den Galvanismus reproduciren lassen; so die Einnekempfindungen, die Muskelbewegungen, die Absonderungen. Allerdings kann die äußere Anwendung des Galvanismus in unserm Körper nie diese Erscheinungen in derselben Entwickelung hervorrufen, als dies die Nerven vermögen; der Grund aber hievon kann mit Fug darin gesucht werden, daß wir die galvanischen Leitungsdrähte immer nur im Ganzen und Groben auf die einzelnen Theile unsers Körpers einwirken lassen können, so daß eine unbestimmte Menge Nervenpartieen auf einmal vom Strom durchlaufen werden, dagegen die unerklärte Macht des Willens, so wie die feinere Verzweigung und Anordnung der Nervenleiter selbst es gestattet, den Strom auf ganz einzelne discrete Nervenzweige zu richten und so die Erscheinungen in ihrer größten Besonderheit hervortreten zu lassen *.

Jedoch auch abgesehen von dieser directen Zusammenstellung, zeigt sich die größte Aehnlichkeit zwischen den Wirkungen, die der Galvanismus in der Außenwelt und denen, die der Nerveneinfluß in unserm Organismus hervorzurufen vermag. Namentlich hängt die Wärmeentwickelung vom Nerveneinfluß ab, daher ein Glied, dessen Nerv geschwunden oder durchschnitten ist, kalt wird; und alle chemischen Prozesse, Scheidungen von Stoffen aus dem Blute und Zusammensetzung neuer daraus, die sogenannten Secretionen, werden ebenfalls durch den Nerveneinfluß vermittelt. Daher hört die Absonderung auf, wenn man den, zu einem Absonderungsorgan gehenden, Nerven durchschneidet, oder wird wenigstens so beschaffen, daß der Stoff, den das Blut mit sich führet (das Serum desselben), unverändert ausgeschwitzt wird.

In letzterm Bezuge führt man mehrere sehr bemerkenswerthe Versuche an, zufolge deren, wenn nach durchschnittenen Nerven eines Absonderungsorgans die Absonderung in demselben ganz innormal

---

* Es hat viel für sich, anzunehmen, daß, wenn ein elektrischer Strom von den Centralorganen nach den Gliedmaßen verläuft, hiedurch Bewegung, bei dem entgegengesetzten Laufe aber Empfindung hervorgebracht werde. Nicht nur scheint dafür der Umstand zu sprechen, daß bei der gewöhnlichen Anordnung des Froschschenkelversuchs die Schließungszuckung vorzugsweis oder allein am Schenkel erfolgt, wenn das positive Metall den Nerven armirt, das negative den Muskel, nicht aber bei der umgekehrten Armirungsart, sondern auch mehrere directe Versuche von Marianini über diesen Gegenstand an lebenden Fischen; bei welchen sich die Aeußerungen der Bewegung und Empfindung in der That jenem verschiedenen Laufe correspondirend zeigten.

geworden war, sie wieder zur vorigen Norm zurückkehrte, wenn man die getrennten Nervenenden nicht etwa unmittelbar mit einander vereinigte, sondern durch galvanische Leiter so verband, daß ein el. Strom von einem Ende zum andern lief, oder auch, wenn man blos das untere Ende in den galvanischen Kreislauf brachte. Ein ähnlicher Ersatz der Nervenwirkungen durch Galvanismus ist in Bezug auf den Kreislauf und die Verdauung beobachtet worden *.

Daß das Ursächliche der Blutbewegung einmal in einer Einwirkung des galvanischen Kreislaufes gefunden werden könne, hat nach den Bewegungen, in die flüssige Leiter unter dem Einfluß des Stroms gerathen können, gewiß nichts Unwahrscheinliches mehr; und es würde ein interessantes Problem seyn, Anordnungen galvanischer Apparate zu ersinnen, durch welche eine solche Bewegung nachgeahmt werden könnte.

Oefters hat man Lichterscheinungen an Menschen und Thieren beobachtet, die den elektrischen nicht unähnlich schienen. Namentlich dürfte für die, die an den sogenannten thierischen Magnetismus glauben, der Umstand nicht unwichtig erscheinen, daß nach der einstimmigen Versicherung aller Magnetisirten die Nerven des Magnetiseurs ihnen leuchtend erschienen, und namentlich beobachteten dieselben, daß Strahlenbüschel von den, vorzugsweis nervenreichen, Fingerspitzen beim Magnetisiren ausgingen. Ich führe diesen und den folgenden Grund nur als Nebendata an, da sie den eigentlichen Physiker weniger befriedigen können. Selbst der gesetzmäßige Gang der Natur scheint uns in den Nerven Behälter und Leiter für die Imponderabilien anzudeuten; die festen Stoffe, die flüssigen, die luftförmigen der Außenwelt werden jede von eignen Canälen in unserm Körper aufgenommen und umgetrieben, und in eignen Behältern verarbeitet; nun machen die Imponderabilien einen sehr wichtigen und wesentlichen Bestandtheil der Außenwelt aus, mit denen der Organismus, wie mit den grob materiellen Stoffen allenthalben in Berührung ist, und für diese bietet sich nicht nur das Nervensystem als ein sehr passender, sondern auch außer diesem kein andrer Circulationsapparat dar; und durch diesen ist erst die Wechselwirkung mit der Außenwelt wirklich abgeschlossen.

Von jeher ist endlich als ein wichtiger Beweis für die elektrische Beschaffenheit der Nerven die Entwickelung freier El. in gewissen

---

* Versuche in diesem Bezuge findet man in Krimer's physiolog. Untersuchungen. (S. 22. Vers. 9. S. 32. V. 14. S. 36. V. 16. S. 38. V. 18. S. 149. V. 8. S. 165. V. 23 u. f. w.), und Wilson Philipps Untersuchungen über die Gesetze der Functionen des Lebens aus d. Engl. übers. von Sondheimer (S. 183. u. f. V. 71, 72, 73, 74). — Ich darf jedoch nicht verabsäumen zu erwähnen, daß den erstern Versuchen im Allgemeinen, und den letztern Versuchen (von Edwards, Journ. de ch. méd. 1829. mars. 129) gerade in Hinsicht der hier in Rede stehenden Versuche widersprochen worden ist; daher sie als zweifelhaft zu betrachten sind.

Fischen und der entsprechende Bau der elektrischen Organe in denselben angeführt worden; indem dieselben bei einem, zum Theil an unsere elektrischen Apparate erinnernden, Bau einen außerordentlichen Nervenreichthum besitzen. Die bekanntesten Thiere in dieser Hinsicht sind der Zitteraal oder Surinamsche Aal (Gymnotus electricus) und der Zitterrochen oder Krampffisch (Raja torpedo). Beide geben bei Berührung heftige el. Schläge, wie von einer Elektrisirmaschine, die einen Arm auf einige Zeit zu lähmen vermögen. Der Schlag dieser Thiere wird durch alle Stoffe, welche elektrische Leiter sind, mitgetheilt, geht aber nicht durch Nichtleiter; bei größern Thieren soll er selbst einen Funken hervorbringen, wenn sich in der metallischen Kette eine Unterbrechung befindet. Die Schläge scheinen übrigens von dem Willen und den Leidenschaften der Thiere abzuhängen, warum also nicht auch bei uns die Muskelcontractionen unter Voraussetzung daß es Wirkungen der El. sind? — Das el. Organ des Zitterrochens besteht aus einer Menge senkrechter, meist pyramidenförmiger, sechsseitiger, häutiger Zellen, die um die Kiemen in den Halbseiten und zum Theil an den Rückenseiten unter der Haut liegen, durch die sie durchschimmern. Jede solche Zelle hat horizontale Scheidewände, welche Zwischenräume lassen, die mit gallertartiger Masse ausgefüllt, und sehr reichlich mit Fäden des herumschweifenden Nervenpaars und mit Blutgefäßen durchzogen sind. In der That scheinen die Zellen eine Aehnlichkeit mit Volta'schen Säulchen zu haben. Das el. Organ des Zitteraals ist etwas einfacher gebaut, aber auch mit sehr viel Nerven versorgt. Außerdem hat man noch el. Eigenschaften beobachtet, doch wenig untersucht am elektrischen Stachelbauch (Tetrodon electricus), dem elektrischen Riemfisch (Trichiurus electricus), endlich dem Zitterwels (Silurus electricus). Die Erwähnung eines elektrischen Insekts geschieht in Schweigg. J. XXIX. 86.

Hinsichtlich des Ausführlichen der Anatomie und Versuche über die elektrischen Fische müssen wir auf die untenstehende Literatur verweisen *.

Der Galvanismus ist sehr vielfältig, und zum großen Theil mit glücklichem Erfolge, in Krankheiten angewendet worden. Die

---

* Vergl. über Versuche mit elektrischen Fischen: Register zu Gilb. Ann. S. 215. — Gehlers Wört. Art. Fische. — Aldini Essai I. 40. 47. 49. II. 61. — Treviranus Biologie V. 141. — Todd in Meckels Arch. III. 393. oder Schweigg. J. XIX. 14. — Schilling in Nouv. mém. de l'acad. de Berl. 1770. 66. — Volta in Gehlen J. IV. 612. Gilb. Ann. X. 447. — Humboldt in Ann. de Ch. et de Phys. XI. 408.

Ueber Anatomie vergl. Rudolphi in Abh. der Berl. Akad. 1820 bis 1821. S. 223, und in s. Physiol. I. 196. — Home in Phil. transact. 1818. 120. — Hunter in Philos. transact. 1773. Vol. LXIII. 434; oder Gilb. XXIII. 276. — Treviranus Biol. V. 141. — Vorstehende Literatur ist nicht vollständig; man kann sie aber leicht aus den hier angeführten Schriften selbst, namentlich aus Treviranus Biologie, ergänzen.

Fälle, wo er wirksam ist, scheinen im Allgemeinen mit denen übereinzukommen, hinsichtlich deren auch die Anwendung der gewöhnlichen El. wirksam ist (vergl. Th. II.). Hier würde es zu weit führen, näher auf specielle Erörterungen darüber einzugehen. Ich verweise auf die untenstehende Literatur *.

Die Erscheinungen des sogenannten Siderismus und der Rhabdomantie, wohin namentlich die Versuche mit Schwefelkies- und andern Pendeln u. s. w. gehören, die eine Zeit lang nach Amoretti's, Ritter's, Knoch's u. a. Versuchen viel Aufsehen verursachten, haben sich bei Prüfung durch gründliche und unbefangene Beobachter so bestimmt als Täuschungen erwiesen, daß wir ihre nähere Erwähnung ganz übergehen zu können glauben. Man wird, wenn man will, in den, im allg. Reg. zu Gilb. Ann. S. 217 angezeigten, Abhandlungen nähere Auskunft darüber finden können **.

---

* Allgemeinere hieher gehörige Schriften sind: Kühn med. Elektricitätslehre. — Grapengießer Versuche, den Galv. zur Heilung einiger Krankheiten anzuwenden. Berl. 1801. — Most über die großen Heilkräfte des Galvanismus. 1803. — Hellwag Erfahrungen über die Heilkr. des Galv. 1802. — Heidmann zuverlässiges Prüfungsmittel des wahren vom Scheinrede. 1802. — Allg. Reg. zu Gilb. Ann. S. 206. — Walther über die therapeutische Indication und den Technicismus der galv. Operation, mit drei tab. Uebersichten 1803.

** Vergl. noch darüber: Bernhardi in Schweigg. J. XXV. 100. — Campetti in Gehlen N. J. IV. 104. — Wirth in Kaim. Arch. XII. 467. — Thouvenel in Lichtenb. Mag. X. St. 1. 144. — Trinan Recherches sur quelques effluves terrestres. Paris. 1820. (8. 430 pag.); im Ausz. in Bull. un. des sc. math. VI. 49. 120. VII. 230. VIII. 39.

Anhang.

I.

Elektroskopische Wirkungen der ungeschlossenen Säule hauptsächlich nach Jäger *.

1) Sind beide Pole der Säule vollkommen isolirt, so zeigt jeder Pol der Säule nur in dem Fall eine merkliche Elektricität an einem Elektrometer, welches ohne den Condensator an ihm angebracht wird, wenn die Säule aus einer großen Zahl Schichtungen besteht. Bei 20 bis 30 Schichtungen erhielt Jäger keine Anziehung eines schwebenden Goldblattes; eine schwache bei Säulen aus 50 und mehr Gliedern. Erman erhielt ebenfalls bei einer Säule von 50 Plattenpaaren eine merkliche Afficirung eines Fadenelektrometers, und dasselbe Elektrometer divergirte durch den Pol einer Säule aus 200 Plattenpaaren 3 bis 4 Linien. Noch größere Wirkungen in diesem Bezug bieten die vielschichtigen sogenannten trockenen oder Zamboniſchen Säulen dar, deren auf gleichen Prinzipien beruhende Wirkungsweise im 6ten Capitel erörtert ist.

2) Eine isolirte Säule von 20 bis 30 Plattenpaaren theilt auch dem Condensator, wenn er an einem ihrer Pole angebracht wird (der solchergestalt eine große Ableitung erhält), während der andere ohne eine große Ableitung bleibt, keine merkliche Spur von El. mit. Größere vollkommen isolirte Säulen, von 50 und mehr Plattenpaaren, theilen jedoch dem an sie angebrachten Condensator etwas El. mit, um so mehr, je größer die Anzahl der Plattenpaare ist.

3) Dagegen reicht schon eine Säule von 12 gewöhnlichen Plattenpaaren hin, wie ich mich selbst überzeugt habe, durch einen ihrer Pole einem (Bohnenbergerschen) Elektrometer ohne Mithülfe des Condensators eine bemerkliche Ladung zu ertheilen, wenn man zugleich den andern Pol der Säule mit dem Erdboden in Verbindung setzt.

4) Verbindet man mit dem einen Pol B einer vollkommen isolirten Säule von 20 bis 30 Plattenpaaren, (mittelst nasser Pappe oder Metalldraht) eine große isolirte leitende Fläche, z. B. eine große isolirte Metallplatte, so zieht nun ein mit dem Pole A verbundener isolirter Leiter das ihm genäherte Goldblättchen an, (während nach 1) keine solche Anziehung erfolgt, wenn der Pol B nicht mit der leitenden Fläche verbunden ist).

---

* Gilb. XIII. 401.

Auch ladet nun der Pol A den mit ihm verbundenen Condenſator mit der dieſem Pole eigenthümlichen Elektricität.

5) Nähert man zuerſt dem mit dem großen iſolirten Leiter verbundenen Pole B das ſchwebende Goldblättchen, ſo wird dieſes nicht angezogen, und eben ſo wenig kann dieſer armirte Pol B einen Condenſator laden, ſo lange mit dem Pole A nichts vorgenommen worden iſt.

6) Verbindet man mit jedem Pole der obigen Säule einen beſondern iſolirten Leiter von großer Oberfläche, ſo ladet ſowohl der Pol A, als der Pol B den jedesmal zuerſt an ihn angebrachten Condenſator, jeder mit ſeiner eigenthümlichen Elektricität.

7) Verbindet man jeden Pol einer vollkommen iſolirten Säule mit dem Collecter eines beſondern Condenſators, deſſen andere Platte den Boden berührt, ſo werden beide Collectoren geladen, jeder mit der El. des Pols, mit dem er verbunden war.

Sind beide Condenſatoren an Güte und Größe einander gleich, ſo ſind beide gleich ſtark geladen.

8) Jeder Pol iſt mit einem Condenſator verbunden, der dem andern an Güte gleich iſt; an den Pol A wird zu gleicher Zeit noch ein dritter Condenſator gebracht. Der Condenſator am Pole B findet ſich jetzt ſtärker, der erſte Condenſator am Pole A aber ſchwächer geladen, als wenn der dritte Condenſator nicht hinzugekommen wäre.

9) Beide Pole ſind mit gleich guten Condenſatoren verſehen; der mit dem Pole A verbundene Condenſator wird iſolirt von dem Pole getrennt, abgehoben und durch Berührung entladen; bringt man ihn nun wieder wie zuvor an den Pol A, ſo ladet er ſich wieder, aber ſchwächer, als das erſtemal; nach jeder neuen Entladung nimmt die Intenſität der El. ab, die er von dem Pole A erhalten kann, und endlich erhält er gar nichts mehr.

Unterſucht man nun den Condenſator am Pole B, ſo findet ſich dieſer doppelt ſo ſtark geladen, als es im Verſuche 7 der Fall war, und dies iſt das Maximum von El., das er überhaupt durch irgend ein Mittel an dieſer Säule erhalten kann. Entladet man nun wiederholt den mit dem Pole B verbundenen Condenſator, während der andere dauernd mit dem Pole A in Verbindung bleibt, ſo erhält man endlich am Pole B keine El. mehr, und nun iſt der Condenſator am Pole A mit demſelben Maximo der entgegengeſetzten El. geladen, das zuvor am Pole B erſchien. Dieſe Vernichtung der El. des einen Pols und die gleichzeitige Steigerung der des andern auf ein Maximum kann man wiederholen ſo oft man will *.

---

* Der Erfolg dieſer Verſuche beruht auf demjenigen (S. 15 erörterten) Umſtande, warum iſolirtes Kupfer durch wiederholte Berührung mit iſolirtem Zink keine neue El. annehmen kann, wenn man nicht vor jeder neuen Berührung das Zink entladet.

Sind die Condensatoren ungleich, so wird der Pol, der mit dem bessern Condensator verbunden ist, in der kürzesten Zeit auf Null gebracht.

Man kann diesen Versuch auch so anstellen, daß man jeden Pol mit seinem Condensator in Verbindung läßt, und sich zur Entladung des einen oder andern Pols eines dritten Condensators bedient; dieser zeigt dann eben dasselbe wechselseitige Verhalten und Steigern der Polarelektricitäten.

Die Polarelektricität, welche eine isolirte, mit einer oder zwei großen isolirten leitenden Flächen verbundene, oder eine sehr große blos isolirte Säule zeigt, kann durch einen entladenden Condensator eben so vernichtet werden, und diese Vernichtung ist eben so mit einer Steigerung der entgegengesetzten El. zu einem Maximo verbunden. Der Pol, dessen El. für den Condensator auf Null gebracht ist, wirkt auch nicht mehr anziehend auf ein Goldblättchen, indessen der andere den höchsten Grad der Wirksamkeit erreicht.

10) Schließt man eine isolirte Säule durch einen isolirten Condensator so, daß der Pol A mit der einen, der Pol B mit der andern Condensatorplatte leitend verbunden ist, so ladet sich jede Platte dieses Condensators mit dem Maximo von El., das überhaupt dieselbe Säule demselben Condensator durch irgend ein Mittel mittheilen kann; die Intensität der Ladung wird übrigens durch die Plattenzahl der Säule bestimmt.

Eben so wird von zwei Condensatoren, deren jeder mit einer Platte einen Pol berührt, während beide andre Platten leitend mit einander verbunden sind, jeder mit dem möglichen Maximo der El. dieser Säule geladen, und zwar hat immer der mit dem Pole verbundene Collector die diesem Pole eigenthümliche Elektricität.

11) Ist auf die vorige Art eine isolirte Säule durch einen oder zwei Condensatoren geschlossen, und bringt man an einem ihrer Pole einen neuen Condensator an, so verhält sie sich gegen den letztern durchaus wie jede andere isolirte Säule, und theilt ihm nicht die mindeste Ladung mit.

12) Bringt man den Pol A einer isolirten Säule in leitende Verbindung mit dem Erdboden, so theilt der Pol B einem an ihm angebrachten Condensator das Maximum von El. mit, das dieser überhaupt an derselben Säule erhalten kann. Auch zieht nun der Pol B ein Goldblättchen mit dem Maximo seiner Intensität an. Der abgeleitete Pol A aber wirkt weder auf das Goldblättchen, noch auf den Condensator.

Diese El. ist unerschöpflich und kann, so lange die Ableitung am Pole A besteht, nie durch Entladung von B auf Null gebracht werden. Ihre Intensität steht im geraden Verhältnisse mit der Plattenzahl der Säule.

13) Verbindet man jeden Pol einer isolirten Säule leitend mit der Erde, so ladet jeder (immer in einem besondern Versuche), den

an ihn angebrachten Condensator mit seiner eigenthümlichen El.; ihre Intensität ist aber nur dem halben Maximo gleich, mit dem derselbe Condensator unter andern Bedingungen an dieser Säule geladen werden kann; übrigens hängt sie wieder von der Plattenanzahl der Säule ab *.

14) Wenn im vorigen Versuche die Leiter, durch welche die Pole mit der Erde verbunden werden, von verschiedener Güte sind, z. B. der eine trockenes Holz, der andere nasses Papier, so nähert sich die El. des schlechter abgeleiteten Pols mehr dem Maximo, die des besser abgeleiteten aber tritt unter die Hälfte des Maximi zurück.

12) Eine isolirte Säule ist durch einen isolirten Condensator geschlossen (wie unter 10). In ihrer Mitte oder an jedem andern beliebigen Puncte wird sie durch einen Leiter mit der Erde verbunden. Beide Condensatorplatten erhalten das Maximum von El., das diese Säule überhaupt diesem Condensator mittheilen kann.

16) Die Säule ist durch einen Condensator geschlossen, und an irgend einem Puncte mit der Erde verbunden, wie im vorigen Versuche. Untersucht man sie an einem ihrer Pole (d. h. an der Metallfläche der einen Platte des schließenden Condensators, so wird dieser mit dem Maximo von El. geladen, das er an einer Säule erhalten konnte, welche dem zwischen dem geprüften Pole und dem die Erde berührenden Puncte eingeschlossenen Säulenstücke an Größe gleich käme.

17) Alle Säulen, welche sich in der Lage befinden, daß sie nur an dem einen ihrer Pole das geprüfte Instrument afficiren, das man ihm nähert, indessen sie am andern Pole keine El. äußern (also die Säulen, deren einer Pol mit einem großen isolirten Leiter, oder mit einem Condensator, oder mit der Erde zusammenhängt, oder deren einer Pol durch Entladung auf Null gebracht ist) zeigen an jedem Puncte ihrer Länge immer nur die El. desjenigen Pols, der sich in ihnen als el. äußert, und zwar in abnehmender Intensität, je mehr man sich mit dem prüfenden Instrumente dem Pole nähert, der keine El. äußert. Alle Säulen hingegen, welche an ihren beiden Polen elektrisch nach Außen wirken können (also die großen blos isolirten, oder mit Condensatoren, oder mit der Erde verbundenen, Säulen) theilen sich für das prüfende Instrument in zwei Hälften. In ihrer Mitte haben sie einen Indifferenzpunct, und von diesem aus zeigen sie gegen jeden Pol hin die diesem Pole zukommende El. und zwar mit steigender Inten-

* Dieses Resultat für die an beiden Polen nach dem Erdboden abgeleitete Säule gilt jedoch nur insofern, als die Ableitung nach solchen Stellen des Erdbodens geschieht, welche nicht selbst eine merkliche leitende Gemeinschaft unter einander haben. Dann wäre dies der Fall, so würde man eine geschlossene Säule haben, von deren elektromotorischen Wirkungen S. 60 ff. die Rede war.

ſtät je mehr man ſich mit dem prüfenden Inſtrumente den Polen nähert *.

18) Was hier von den Polen der offenen Säule geſagt wurde, das gilt von allen andern Puncten derſelben. Wird an irgend einem Puncte der Säule ein iſolirter Leiter oder ein Condenſator angebracht, oder iſt irgend ein Punct mit der Erde verbunden, ſo wird von irgend einem zweiten Puncte dieſer Säule ein prüfendes Inſtrument ſo afficirt, als es von dem zwiſchen dieſen zwei Puncten eingeſchloſſenen Säulenſtücke, deſſen Pole jene zwei Puncte repräſentiren, auch geſchehen würde. Nur bei ſehr großen Säulen, in welchen die über jene beiden Puncte hinaus liegenden iſolirten Säulenſtücke noch eigenthümliche Wirkungen äußern, möchten hierin Verſchiedenheiten eintreten.

19) Wenn eine iſolirte Säule an einem Pole ſich in große Metallplatten endigt, während dieß am andern nicht der Fall iſt, ſo können die obigen Reſultate dadurch modificirt werden. Auch kann eine ſonſt iſolirte Säule durch eine ſehr leitende Atmoſphäre ſo afficirt werden, als wäre ſie mit dem Boden in Verbindung.

II.

Von den ſogenannten Außdendriten, welche durch die Volta'ſche Säule erzeugt werden.

Es iſt im Vorigen eine, wenn auch theoretiſch nicht wichtige, doch intereſſante Wirkung der Volta'ſchen Säule übergangen worden, welche wir hier nachträglich beſchreiben wollen. Ritter ** hat ſie zuerſt beobachtet.

Er brachte das Ende des negativen Polardrahts *** einer kräftig wirkenden Säule † horizontal †† in die obere Gegend einer guten Talglichtflamme ††† und den poſitiven Draht einen ganzen Zoll von jenem in die untere Gegend, wie Fig. 61 zeigt. Faſt mit dem Augenblicke des Eintritts des andern Drahts in die Flamme bildeten

---

* Bei allen dieſen Verſuchen muß nach jeder vorgenommenen Prüfung der urſprüngliche Zuſtand der Säule wiederhergeſtellt werden, ehe man wieder einen andern Punct unterſucht.

** Literatur. — Ritter in Gilb. IX. 337. — Erman Gilb. XI. 183. XXII. 47. — Böckmann Gilb. XI. 230. — Reinhold Gilb. XI. 383. — Bongen Gilb. XV. 351. 353.

*** Der Polardraht kann aus beliebigem Metall beſtehen.

† 100 Lagen von gewöhnlicher Größe ſind vollkommen hinreichend.

†† Auch bei verticaler Stellung gegen einander entſtehen Dendriten, doch iſt dieſe Stellung minder günſtig für den Erfolg.

††† Böckmann erhielt in der Flamme einer Weingeiſtlampe noch ſtärkere Dendriten, als in Talglichtflamme, gar keine aber in der Flamme eines Wachslichts oder des Alkohols.

ſich am negativen Draht, da wo er in der Flamme iſt, Dendriten von Ruß, die ſchnell anwuchſen, etwa zur Höhe einer Linie und darüber *, ſich während deſſen auf mannichfache, doch ſehr beſtimmte Weiſe in Zweige theilten, und in dieſem Zuſtande dann die ganze Zeit des Geſchloſſenſeyns der Kette auf dieſe Art durch die Flamme anhielten und fortdauerten. Mit demſelben Augenblicke, als man den poſitiven Draht aus der Flamme entfernt, fallen auch jene Dendriten faſt momentan zuſammen, und erſcheinen nie wieder, ſo lange die Kette offen bleibt. Je näher die Drähte bei dieſem Verſuche einander kommen, deſto ſchöner pflegen die Dendriten zu werden, auch kann man ihre Lage beliebig gegen einander abändern, ohne den Erfolg des Verſuchs zu hindern. Sie erſcheinen nicht blos an der Spitze des negativen Drahts, ſondern ſo weit, als er ſich in der Sphäre der Flamme befindet. Sie ſind ganz dunkel und glühen nicht, und ſelbſt ihr Verſchwinden beim Oeffnen der Kette iſt kein Verbrennen, ſondern ſie verzehen ganz ſtill.

Auch am poſitiven Drahte bilden ſich zuweilen Dendriten, doch nicht immer. Wenn ſie aber erſcheinen, iſt ihre Geſtalt und ihr Uebriges nach Ritter durchaus ganz anders wie bei jenen, denn ſie verzweigen ſich bei Weitem nicht ſo, vielmehr iſt es, als wenn die Zweige, die ſich bilden ſollten, immer wieder zuſammenſchlügen und Einen geraden Aſt ausmachten, ſie glühen an den Enden beſtändig und fallen bei Entfernung des negativen Drahts aus der Flamme nicht gleich zuſammen u. ſ. w.

Bringt man den einen Draht mit den Dendriten des andern in Verbindung, ſo entſteht ein Funken zwiſchen beiden. Die Dendriten am einen oder andern Draht entſtehen nach Ritter ſelbſt dann, wenn auch der eine oder andere Draht nicht ganz in der Flamme ſelbſt, ſondern nur in einer Nähe von einer oder einigen Linien bei ihr iſt. Berühren ſich beide Drähte innerhalb der Flamme, ſo entſtehen nie Dendriten. Sind welche entſtanden, und die Drähte berühren ſich darauf, ſo fallen die Dendriten des negativen Drahts im Augenblicke, bei dem andern iſt der Erfolg unbeſtimmt.

Allen Umſtänden nach zu ſchließen, iſt die Erſcheinung der Dendriten nicht von einer Strömung in der Säule abhängig, da dieſe vielmehr durch die Flamme unterbrochen wird, wie ſich Ritter ſelbſt überzeugte, ſondern ſie beruht auf der gegenſeitigen Repulſion der Kohlentheilchen, welche ſich an die Polardrähte anſetzen, vermöge der darin in Spannung befindlichen El. und die Entgegenſetzung des andern Drahts hiebei iſt wahrſcheinlich nur inſofern vortheilhaft, als durch die Anziehung des entgegengeſetzten Pols die Abſtoßung der gleichartigen elektriſirten Rußtheilchen unterſtützt wird. In der Thät, wenn man Kien- oder Bernſteinöl in einer porzellanenen Schaale vorläufig ſo weit erwärmt, daß es ſich ohne Docht

* Böckmann hat ſie bis 10 Lin. hoch erhalten.

anzünden läßt, ſo entſtehen (nach Erman) nach Verbindung der Polardrähte mit dieſer breiten Flamme die Dendriten nicht blos am Polardrahte, ſondern ſie erheben ſich in der größten Menge und zur beträchtlichſten Höhe von der ganzen Peripherie der Schale, ohne irgend einen Bezug auf die Nähe oder Entfernung des entgegengeſetzten Pols. Ueberdies laſſen ſich den Rußdendriten ſehr ähnliche Dendriten mittelſt gewöhnlicher El. an ſchmelzendem Kampher hervorbringen *.

Daß ſich die Dendriten vorzugsweis am negativen Pole zeigen, erklärt Erman ſehr genügend aus der poſitiv-unipolaren Leitung der Flamme, vermöge deren der negative Polardraht ſtets vorzugsweis als iſolirt und geladen zu betrachten iſt.

III.

Zerſetzende Wirkung der Säule auf die einzelnen Stoffe.

A. Wirkung auf die einfachen Körper.

Chlor, Brom und Jod **. Wenn einer dieſer Körper in Waſſer dem Strom der Volta'ſchen Säule ausgeſetzt wird, ſo wird das Waſſer wie gewöhnlich zerſetzt, indem der Waſſerſtoff zum negativen, der Sauerſtoff zum poſitiven Pole hingeht, während das Chlor, Jod oder Brom, als einfache Körper, ſelbſt unzerſetzt bleiben. Nun aber verbindet ſich das Chlor am negativen Pol mit dem dort entwickelten Waſſerſtoff zu Salzſäure und man erhält deshalb, wenn das Chlor in hinlänglicher Menge vorhanden iſt, an dieſem Pol keine, oder doch nur eine verminderte Waſſerſtoffgasentwickelung; dagegen ſich am poſitiven Pol der Sauerſtoff wie vorher entbindet. Es wäre zwar möglich, daß ſich ein Antheil des Chlors mit Sauerſtoff hier zu Chlorſäure verbände, indeß da das Chlor dem Sauerſtoff ſelbſt in der Elektronegativität nahe ſteht, oder mit andern Worten die Verwandtſchaft des Chlors zu Sauerſtoff nicht groß iſt, ſcheint dieſes nicht Statt zu finden, wiewohl es an beſtimmter Beobachtung hierüber noch fehlt. Was das Brom und Jod anlangt, ſo ſtehen ſie beide dem Chlor an Elektronegativität nach, und zwar das Jod noch mehr als das Brom; es iſt daher zu vermuthen,

---

* Vergl. über Kampherdendriten Gilb. XI. 154. 287.

** Vergl. über die Zerſetzung dieſer Stoffe: über Chlor: Henry in Gilb. VI. 271.; über Jod: Gay-Luſſac Schweigg. XXVIII. 318.; Grotthuß Schweigg. XXVIII. 319.; Ruhland Schweigg. XI. 181.; über Brom: de la Rive Pogg. X. 393.; Balard Pogg. VIII. 128; Kaſtner in ſ. Arch. X. 394.

daß hier eine geringere Neigung Statt finde, als beim Chlor, ſich am negativen Pole mit Waſſerſtoff zu einer Waſſerſtoffſäure zu verbinden; eine größere dagegen als bei Chlor, am poſitiven Pole mit dem Sauerſtoff eine Sauerſtoffſäure zu geben, wiewohl abſolut genommen die Verwandtſchaft des Broms und Jods zu Waſſerſtoff viel größer bleibt, als die zu Sauerſtoff. In der That ſcheint nach Beobachtungen von Grotthuß* eine Bildung von Jodſäure am poſitiven Pole neben der Bildung von Jodwaſſerſtoffſäure am negativen Pole außer Zweifel zu ſeyn, während hinſichtlich des Broms noch nichts in dieſer Hinſicht bekannt iſt. Ob ſich hiebei Gas entwickele, oder ob alle Beſtandtheile des zerſetzten Waſſers zur Bildung der neuen Verbindungen verwandt werden, kommt wahrſcheinlich hauptſächlich auf die Concentration der Löſungen und vielleicht noch andere Umſtände des Verſuchs an.

Wird Jod in trockenem oder Brom in reinem Zuſtande zwiſchen die Pole der Säule gebracht, ſo werden ſie nicht zerſetzt, unterbrechen vielmehr die Strömung.

Kohle**. — Gut ausgeglühte Holzkohle wirkt in trockenem Zuſtande, zwiſchen die Poldrähte einer Säule gebracht, wie ein Metall, d. h. ſie bewirkt die Schließung der Kette, ohne übrigens dabei eine in die Augen fallende Veränderung zu erleiden. In wiefern ſich die Zerſetzungserſcheinungen in einer, im Volta'ſchen Kreiſe befindlichen, Flüſſigkeit, in die man zugleich ein Stück Kohle gethan hat, modificiren, iſt nicht durch Verſuche ausgemittelt, läßt ſich jedoch nach den Verſuchen vorausſehen, bei welchen die, mit Kohlenſtücken verſehenen, Enden der Poldrähte in Waſſer tauchten, wo alſo die Kohle ſelbſt die Pole der Säule, zwiſchen denen ſich das Waſſer befand, bildete.

Als allgemeines Reſultat wurde bei dieſen Verſuchen gefunden, 1) daß der zum poſitiven Pol gehende Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers ſich mit Kohlenſtoff zu Kohlenſäure verbindet, welche, wenn des Waſſers eine hinreichende Menge vorhanden iſt, ſich darin auflöſt, um ſo mehr, wenn es alkaliſche Subſtanzen enthält (Davy), daß aber ſonſt ſich die Kohlenſäure entbindet (Brugnatelli); 2) daß der zum negativen Pole gehende Waſſerſtoff von der Kohle erſt bis zu einem gewiſſen Sättigungsgrade abſorbirt wird, worauf erſt die Entbindung von Waſſerſtoff beginnt; 3) daß der ſich ent-

---

* Grotthuß brachte geſchmolzenes trockenes Jod zwiſchen zwei Waſſerflächen (auf einer Glastafel), von welchen die eine mit dem poſitiven Pol, die andere mit dem negativen Pol in Verbindung ſtand, wo es ſehr bald vom Waſſer durchdrungen ward. Am negativen Pol verband es ſich mit dem Waſſerſtoff zu brauner jodhaltiger Jodwaſſerſtoffſäure; und es entband ſich ſo wenig hier als am poſitiven Pole Gas, woraus Grotthuß ſchließt, daß der Sauerſtoff am letztern Pole zur Bildung von Jodſäure verwandt werden ſey.

** Vergl. Davy in Gilb. VII. 129. XII. 255. 128.; Brugnatelli in Gilb. XXIII. 212.

bindende Waſſerſtoff keinen Kohlenſtoff in ſeiner Miſchung enthält. — Unſtreitig nun würde, in Betracht der im 32ſten Capitel angeführten Erſcheinungen, wenn man ein Stück Kohle in Waſſer legte, welches ſich im Volta'ſchen Kreiſe befindet, dies ſich auf ähnliche Art verhalten, als wenn ein Metall ſtatt ſeiner hineingelegt würde, d. h. an dem Ende des Kohlenſtücks, welches ſich dem Waſſerſtoffpol der Säule gegenüber befindet, würde ſich, vermöge Oxydation des Kohlenſtoffs, Kohlenſäure bilden, während das andere Ende ſich mit Waſſerſtoffgas erſt bis zu einem gewiſſen Grade ſchwängerte und dann ſolchen entbände. Doch ſind hierüber, wie geſagt, keine Verſuche vorhanden.

Was die Einwirkungen betrifft, welche die Kohle erfährt, wenn ſie in trockenem Zuſtande zwiſchen die Pole einer ſehr kräftig wirkenden galvaniſchen Batterie gebracht wird, ſo ſprechen wir hier nicht davon, da dieſe Einwirkungen unſtreitig keiner zerſetzenden Natur ſind, ſondern nur von der erzeugten gewaltigen Hitze abhängen. Auch iſt ſchon S. 307 die Rede davon geweſen *.

Schwefel und Phosphor **. — Wird Schwefel oder Phosphor in geſchmolzenem Zuſtande in einer Glasröhre der Wirkung einer ſehr ſtarken Säule ausgeſetzt, ſo entbindet ſich nach Davy Schwefelwaſſerſtoffgas oder Phosphorwaſſerſtoffgas daraus, ſelbſt nach ſorgfältiger Reinigung der Subſtanzen, was anzuzeigen ſcheint, daß dieſelben ſehr hartnäckig einen Antheil Waſſerſtoff oder Waſſer zurückhalten.

B. Säuren.

Die Salpeterſäure *** zerſetzt ſich in der Art, daß ihr Stickſtoff mit dem Waſſerſtoff des zerſetzten Waſſers am poſitiven, der Sauerſtoff der Säure ſowohl als des Waſſers am negativen Pol angeſammelt wird. Von dem Stickſtoff verbindet ſich ein größerer oder geringerer Antheil mit dem Waſſerſtoff zu Ammoniack, und zwar, wie es ſcheint, ein um ſo größerer Theil, je verdünnter die Auflöſung iſt. Außer der Zerſetzung in Sauerſtoff und Stickſtoff ſcheint auch in der Regel gleichzeitig eine theilweiſe Zerſetzung der Salpeterſäure in Sauerſtoff und ſalpetrige Säure, von denen ſich letztere um den negativen Pol anſammelt, Statt zu finden, wie wenigſtens aus der häufigen Grünfärbung der Säure an dieſem Pol zu ſchließen.

Die Schwefelſäure † verhält ſich auf eine analoge Art. Ihr Sauerſtoff ſammelt ſich um den poſitiven Pol, ihr Schwefel,

---

* Vergl. hiezu außer der dort angeführten Literatur Davy in Gilb. Ann. XXXV. 435; XXXVI. 108. — Children in Gilb. LII. 384.

** Davy in Gilb. XXXV. 278. 288.

*** Buchholz Gilb. IX. 441. — Davy Gilb. VII. 125. — Henry Gilb. VI. 371. — Cruikſhank Gilb. VII. 107.

† Henry Gilb. VI. 370. — Cruikſhank Gilb. VII. 108. — Davy Gilb. VII. 128. — Ritter phyſ. chem. Abhandl. II. 308. — Simon Gilb. VIII. 32 (ausführlicher in Scherer J. VI. 79). — Brugnatelli Schweigg. V. 225.

zum Theil ganz deſoxydirt, zum Theil in ſchweflige Säure (Brunner) verwandelt, ſammelt ſich um den negativen Pol, und hier verbindet ſich ein gewiſſer Antheil des Schwefels mit dem Waſſerſtoff des zugleich zerſetzten Waſſers zu Schwefelwaſſerſtoff, während ſich der übrige Schwefel niederſchlägt und die Flüſſigkeit trübt. Ob die Verdünnung der Flüſſigkeit auch hier einen Einfluß auf die größere oder geringere Erzeugung von Schwefelwaſſerſtoffſäure äußere, iſt nicht ausgemittelt.

Uebrigens ſcheint die Schwefelſäure nach Ritter's und Simon's Verſuchen etwas Waſſer halten zu müſſen, um zerſetzt zu werden *.

Die ſchweflige Säure** anlangend, ſo wird auch ſie unter Fällung von Schwefel und Bildung von Schwefelwaſſerſtoff zerſetzt; der Sauerſtoff aber, der ſich aus ihr entwickelt, wird zum Theil dazu verwandt, ſie am poſitiven Pole in Schwefelſäure zu verwandeln.

Die Salzſäure*** zerſetzt ſich in Chlor, welches unſtreitig zum negativen und in Waſſerſtoff, welcher zum poſitiven Pole übergeht, wobei auch zugleich die Beſtandtheile des zerſetzten Waſſers übergeführt werden. Ob vielleicht hiebei das Chlor zum Theil mit Sauerſtoff zu Chlorſäure ſich verbinde, iſt nicht ausgemittelt.

Phosphorſäure, Borſäure, Kohlenſäure und Flußſäure † in Waſſer gelöſt oder damit befeuchtet, ſcheinen nur mittelſt ſehr kräftiger Apparate zerſetzt werden zu können; hinſichtlich der Kohlenſäure beſitzt man ſogar nicht einmal eine poſitive, und hinſichtlich der Flußſäure nur eine zweifelhafte Erfahrung.

Arſenikſäure und arſenige Säure. — Die in Waſſer aufgelöſte Arſenikſäure iſt nach Biſchof's †† Verſuchen ſehr leicht durch die Volta'ſche Säule zerſetzbar. In die Kette derſelben zwiſchen Platindrähte in eine kleine Glasröhre gebracht, bekam der negative Draht ſogleich einen metalliſchen Anflug und bald war die ganze Röhre mit ausgeſchiedenem Arſenikmetall angefüllt. Die Zerſetzung einer wäßrigen Löſung der arſenigen Säure (des weißen Arſeniks) erfolgt bei Weitem nicht ſo ſchnell, was Biſchof auf ihre viel geringere Löslichkeit in Waſſer ſchreibt. — Nach Buchner †††

---

* Cruickſhank hat beobachtet, daß ſich auch aus rauchender Salpeterſäure ſehr wenig Gas entbindet.

** Simon Gilb. VIII. 35.

*** Henry Gilb. VI. 371. — Davy Gilb. VII. 125. — Döbereiner Gilb. LXVIII. 85. — Bei Verſuchen mit Salzſäure beobachtet man häufig ein Zerfreſſen der goldenen Polardrähte, vielleicht weil ſich durch die gleichzeitige Salpeterſäure auf Koſten der Luft (S. 343) Königswaſſer bildet.

† Ueber Borſäure pergl. Davy in Gilb. XXVIII. 440; Phosphorſäure, Davy Gilb. XXVIII. 169; Flußſäure, Davy Gilb. XXXV. 448; dieſe Säuren und Kohlenſäure, Berzelius Gilb. XXVII. 301.

†† Kaſtn. Arch. VI. 430.

††† Kaſtn. Arch. IV. 445.

geht bei der Reduction der Arſenikſäure durch die einfache Kette ein bedeutender Antheil Arſenik als Arſenikwaſſerſtoffgas fort.

Blauſäure *. — Die Blauſäure zerſetzt ſich in Waſſerſtoffgas und Blauſtoff, der ſich mit dem poſitiven Platinpolardraht verbindet.

C. Baſen.

Ammoniack **. — Wenn Ammoniackflüſſigkeit zwiſchen Polardrähten galvaniſirt wird, welche ein in Ammoniack auflösliches Oxyd zu geben vermögen, als Silber, Gold, Kupfer, ſo löſt ſich jedenfalls das Metall (durch den Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers oxydirt), am poſitiven Polardraht auf und erſcheint am negativen in reducirter Geſtalt wieder.

Was die Ammoniackflüſſigkeit ſelbſt anlangt, ſo findet folgender Vorgang Statt. Der zum poſitiven Pole gehende Sauerſtoff des Waſſers verbindet ſich ganz oder zum Theil mit Waſſerſtoff aus dem daſelbſt befindlichen Ammoniack zu Waſſer, und macht dadurch deſſen Stickſtoff frei, ſo daß man als gasförmige Producte erhält: Waſſerſtoff (beſonders bei verdünnter Ammoniacklöſung), etwas Sauerſtoff aus dem Waſſer, und Stickſtoff aus dem Ammoniack. Das Ammoniack ſelbſt ſcheint durch die Wirkung der Säule unter den gewöhnlichen Umſtänden nicht zerſetzt zu werden, ſondern blos eben durch den Sauerſtoff des Waſſers am poſitiven Pol, daher auch nach Davy blos Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas in den zur Waſſerbildung erfoderlichen Verhältniſſen ſich entbinden, wenn ſich Ammoniackflüſſigkeit am negativen, Waſſer am poſitiven Pol befindet, ſo wie auch daraus erklärlich wird, warum ſich um ſo weniger Sauerſtoffgas entbindet, je concentrirter die Ammoniackflüſſigkeit iſt. — Eine Entbindung von Salpeterſäure am negativen Pol findet wenigſtens bei verdünnter Ammoniackflüſſigkeit nicht Statt.

Von den Reſultaten, welche man erhält, wenn Ammoniackflüſſigkeit in Berührung mit Queckſilber am negativen Pole galvaniſirt wird, nachher.

Oxyde. — Die meiſten Oxyde in ganz trockenem Zuſtande zwiſchen die Poldrähte der Säule gebracht, können wegen ihrer iſolirenden Eigenſchaft nur bei großer Gewalt der Batterie eine Einwirkung erfahren, welche jedoch hauptſächlich von der dabei erzeugten Hitze abzuhängen ſcheint, und bald bloße Schmelzung, bald Schmelzung und Reducirung des Oxyds zugleich, je nach deſſen Beſchaffenheit, zur Folge hat ***. — Werden dagegen die Oxyde in

---

* Gay-Luſſac Gilb. LIII. 161. — Davy Gilb. LIV. 393.

** Cruickſhank Gilb. VII. 104. — Berzelius Gilb. XXVII. 278. — Buchholz Gilb. IX. 489. — Henry Gilb. VII. 132. — Davy Gilb. VII. 182. — Buchholz Gilb. IX. 490.

*** Wir verweiſen hinſichtlich dieſer Wirkungen auf Children's Verſuche in Gilb. LII. 365 und LV. 116. — Die Verſuche der Parier Commiſſion mit der großen Volta'ſchen Säule in Gehlen J. VII. 217. — Die Verſuche von Gay-Luſſac und Thénard in Gilb. XXXVIII. 155.

Berührung mit Waſſer in die Kette gebracht, ſo erfahren ſie im Allgemeinen eine reducirende Wirkung, entweder, indem ſie ſelbſt direct durch die Wirkung der Säule zerſetzt werden, ſo daß ihr Sauerſtoff nach dem poſitiven, das Metall nach dem negativen Pole hingeht, oder indem der Waſſerſtoff des zerſetzten Waſſers dieſe Reducirung an ihnen bewirkt, worüber noch durch keine Verſuche entſchieden iſt.

Die Zerſetzung der Metalloxyde durch die Säule geht keineswegs mit gleicher Leichtigkeit vor ſich; ja die Erden und die ſchwerlöslichen Alkalien laſſen ſich ſelbſt nicht leicht anders zerſetzen, oder wenigſtens ihre Reducirung nicht leicht anders wahrnehmen, als wenn man ſie am negativen Pole zugleich mit Queckſilber oder Queckſilberoxyd in Berührung bringt, ſo daß das reducirte Alkali- oder Erdenmetall gleich Queckſilber vorfindet, mit welchem es ſich legiren kann *. Möglich, daß hiebei das Queckſilber durch eine gewiſſe Verwandtſchaft zum reducirten Metall deſſen Abſcheidung erleichtert; gewiß, daß es durch ſeine Amalgamirung mit dem Metall daſſelbe vor der oxydirenden Einwirkung des Waſſers und der Luft einigermaßen ſchützt **, während bei Abweſenheit von Queckſilber das in jedem Augenblik erzeugte Metall oft ſo ſchnell wieder oxydirt wird, um nicht zum Augenſchein zu kommen. Wir gehen jetzt in ſpeciellere Erörterungen über die einzelnen Claſſen von Oxyden ein.

Oxyde der ſchweren Metalle. — Ueber die Reduction der in Waſſer unauflöslichen Oxyde ſchwerer Metalle, wenn ſie mit Waſſer befeuchtet in die Kette gebracht werden, ſind mir keine Verſuche bekannt, doch iſt wahrſcheinlich, daß die Reduction unter dieſen Umſtänden erfolgen würde.

Fixe Alkalien ***. (Kali, Natron, Lithon, Baryt, Kalk, Strontian). — Wenn die Alkalien in Waſſer aufge-

---

* Unter den eigentlichen Erden glückt jedoch auch dieſer Verſuch nur mit Magneſia. Ueber das Verfahren, andere Erden zu reduciren, vergl. weiterhin den Text.

** Keineswegs auf die Dauer; und ſelbſt unter Steinöl erfolgt eine Oxydation des Alkalimetalls an der Oberfläche des Amalgams. (Gilb. XXXII. 376.)

*** Die erſten Notizen über Davy's Entdeckung dieſer Reductionen finden ſich in Gilb. Ann. XXVII. 117; XXVIII. 148. 153; XXX. 375; ferner in Gehlen J. IV. 660. Die ausführliche Beſchreibung ſeiner erſten Verſuche in Gilb. XXXI. 113; auch in Gehlen J. VIII. 396; die der ſpäteren, welche vorzüglich die Reducirung des Kalks, Strontians, Baryts und der Magneſia betreffen, in Gilb. XXXII. 385.

Sogleich nach Bekanntwerdung der erſten Notizen wurden die Davy'ſchen Verſuche allenthalben, beſonders aber in Deutſchland, vielfältig wiederholt, wie am beſten folgende Literatur zeigt:

Erman und Simon in Gilb. XXVIII. 121. 135. 387; Derſelbe in Gehlen J. V. 423. — Jacquin in Verbindung mit mehrern andern Gelehrten in Gilb. XXVIII. 132. 146. 252. 329; XXIX. 79; XXX. 210. — Gruner in Gilb. XXVIII. 383. — Seebeck in Gilb. XXVIII. 367. 476. — Ritter in Gilb. XXIII. 368; XXIX. 146; Derſelbe in Gehlen J. V. 499. — Bechſtein in Gilb. XXVIII. 473. — Göttling in Gilb. XXVIII. 475;

läßt für ſich in die Kette gebracht werden, ſo zerſetzt ſich blos das Waſſer in ihnen, wie durch Verſuche mit Kalilauge* und Kalkwaſſer** hinlänglich dargethan iſt, oder ſollte ſelbſt eine Reduction des Metalls vor ſich gehen, ſo kann begreiflich dieſe nicht beobachtet werden, da ſich das Metall unſtreitig aus dem Waſſer augenblicklich wieder oxydiren muß.

Wenn man jedoch die Alkalilöſung, in Berührung mit Queckſilber oder mit Queckſilberoxyd (welches hiebei zugleich mit reducirt wird), am negativen Pol*** galvaniſirt, ſo erfolgt Reduction, indem ſich das reducirte Metall mit dem Queckſilber amalgamirt.

Jedoch auch ohne Zuziehung von Queckſilber läßt ſich die Reduction der Alkalien bewirken, wenn man dieſelben nicht in aufgelöſtem, ſondern in feſtem und nur ſchwach befeuchtetem Zuſtande in eine hinlänglich wirkſame Kette bringt†; und unter dieſen Umſtänden hat Davy die Reduction einiger Alkalien zuerſt im J. 1807†† beobachtet, die nachher vielfältig wiederholt und auf alle bekannte Alkalien ausgedehnt worden iſt†††, wiewohl auch hier

---

XXIX. 82. — Trommsdorff in Gilb. XXVIII. 477; XXX. 230. 347. — Berzelius und Pontin in Gilb. XXXVI. 242. — Singer in Gilb. XLIV. 237. — Collet-Descostils in Gehlen J. V. 140. — Karsten ebend. 250. — Boiſſier ebend. 410. — Placidus Heinrich ebend. 413. — Graf v. Sternberg ebend. 415.

* Henry in Gilb. VI. 374 und VII. 131. — Davy in Gilb. VII. 124.

** Cruickſhank in Gilb. VII. 90. — Desormes in Gilb. IX. 37. — Pfaffinger und Berzelius in Gilb. XXVII. 290. — Blos Desormes erwähnt, daß ſich aus Kalkwaſſer Kalk in ſehr feinen prismatiſchen Kryſtallen auf den negativen Draht niederſchlage; Andre erwähnen keiner Veränderung des Kalkwaſſers.

*** Sefſtröm ſcheint zuerſt vom Queckſilber hiebei Gebrauch gemacht zu haben (Gilb. XXVIII. 387. 476). Das rothe Queckſilberoxyd wandte Davy mit Erfolg an (Gilb. XXXII. 373). — Die Reduction der Alkalien erfolgt unter Mitwirkung des Queckſilbers mit außerordentlicher Leichtigkeit. So beobachtete Pfaff die von der Regierung mit Kalium abhängige Bewegung, von welcher im 8ten Kap. die Rede war, ſchon bei Anwendung eines einzigen Plattenpaars von 3 Zoll Durchmeſſer (Schweigg. J. XLVIII. 290).

† Davy hat auch Kalium aus Kali, das im Schmelzen durch Hitze begriffen war, dargeſtellt, nämlich in Glasröhren mit eingeſchmolzenen Platindrähten, die mit Queckſilber gefüllt waren, und in welchen, während die Et. hindurchwirkte, das Kali mittelſt einer Lampe geſchmolzen wurde. Dieſes Verfahren ließ ſich aber nicht lange fortſetzen, da das Glas durch die Einwirkung des Kali bald aufgelöſt wurde und dann das Kalium durch das Glas hindurchdrang (Gilb. XXXI. 409).

†† Er theilte dieſe Entdeckung zuerſt in einer, am 12. und 19. Nov. 1807 in der Königl. Societät zu London vorgeleſenen Abhandlung mit.

††† Davy bewirkte die Reduction zuerſt am Kali und Natron, erhielt aber mit Strontian und Baryt Anfangs nur zweifelhafte Reſultate (Gilb. XXXI. 169. 171); Trommsdorff reducirte auch Baryt, Strontian und Kalk, ſowohl mit als ohne Zuziehung von Queckſilber (Gilb. XXX. 332. 336), und auch Davy (Gilb. XXXII. 369), ſo wie Berzelius (Gilb. XXXVI. 247) gelang dies hierauf bei dieſen Alkalien, wobei jedoch ungemein viel Queckſilber

wiederum die Reduction weit leichter vor Statten geht, wenn man das befeuchtete Alkali mit Queckſilber oder Queckſilberoxyd in Berührung ſetzt.

Ueber die Reduction der Alkalien wollen wir jetzt in einigen Detail eingehen. Will man die Reduction des Alkali's ohne Mitwirkung von Queckſilber beobachten, ſo legt man * ein dünnes Stück von ſchwach befeuchtetem Alkali auf eine Silber- oder Platinplatte, die mit dem negativen Pol der Batterie verbunden iſt, und berührt die obere Fläche des Alkali mit dem Silber- oder Platindraht des poſitiven Pols. Das Alkali ſchmilzt bald am Berührungspunct; in Kurzem erſcheinen an der negativen Fläche kleine metallglänzende Kügelchen, die nach und nach an Größe wachſen, bis ſich endlich eine Rinde vom Alkali auf ihrer Oberfläche zu bilden anfängt.** In dieſem Augenblick muß man ſie mit einer Meſſerſpitze wegnehmen und ſogleich unter gereinigtes Steinöl tauchen. Zuweilen, wenn keine Kügelchen erſcheinen, findet man ſie doch, wenn die Berührung einige Zeit hindurch gedauert hat, an der untern Fläche des aufgehobenen Alkali eingelagert. Iſt die Wirkung der Batterie ſtark, ſo entzünden ſich zuweilen die Kügelchen und detoniren ſogar im Augenblicke ihrer Entſtehung; man muß daher während des Verſuchs die Augen nicht zu nahe bringen oder ſie mit Glas verdecken.

Die weſentlichſten Vorſichtsmaßregeln bei dieſem Verſuche ſind die, daß das Alkali gerade nur ſo befeuchtet ſey, um die Wirkung der Säule nicht zu unterbrechen, und daß man die Batterie nur in dem mäßigen Zuſtande der Wirkſamkeit anwende, wo ſie keine zu intenſive Hitze hervorbringt, da ſonſt das Metall im Augenblicke ſeiner Entſtehung wieder verbrennt.

Um die oxydirende Einwirkung der Luft während der Reduction zu verhüten, hat man vorgeſchlagen, dieſelbe gleich unter Steinöl vorzunehmen. Das ſchwach befeuchtete Kali wird hiebei zwiſchen zwei Platinplatten in ein ſchickliches Gefäß gelegt, das man ſogleich, nachdem es in die Kette gebracht iſt, mit Steinöl füllt. Einen Apparat zu dieſem Verſuche hat Pepys in Phil. Mag. XXXI. 241 vorgeſchlagen.

---

anwandte. Brande endlich reducirte das Lithon (Manuel of chemistry. 2 ed. II. 37. §. 606). — Die Reduction von Baryt, Strontian und Kalk ohne Zuziehung von Queckſilber iſt vielen nicht gelungen (Phil. XXVIII. 338; XXIX. 82), was ſie denn wirklich nur ſehr ſchwierig ſo erfolgt.

* Ginger Elements der Ch. 204.

** Placidus Heinrich beobachtete an dem wiedererzeugten Kali eine ſternförmige Kryſtalliſation; das wiedererzeugte Natron bildete rings um den Draht einen wolkenähnlichen Anflug, der aus ſehr kleinen Kügelchen beſtand, welche alle ausgeſtreamt und gleich einem Kranze einwärts gebeugt waren. Uebrigens ſcheint ſich das wiedergebildete Alkali beim Uebergießen mit Schwefelſäure ſtets kryſtalliſirt. (Gehlen J. V. 488.)

Will man dagegen Quecksilber zu Hülfe nehmen, so verfährt man entweder so, daß man in ein Stück befeuchteten Kali's * eine Höhlung macht, welche möglichst tief und mit Quecksilber angefüllt ist, dies Stück auf eine Metallplatte legt und den positiven Polardraht einer Volta'schen Säule mit der Platte, den negativen mit dem Quecksilber in Verbindung setzt, wo bei hinlänglicher Wirksamkeit der Säule so viel des Kaliums abgeschieden wird, daß das Amalgam fest wird (Thénard) **; oder man kann auch, wie Berzelius *** angiebt, Quecksilber, welches mit dem negativen Polardraht in Berührung steht, mit einer sehr concentrirten Lauge von Alkali, worin sich noch einige Stücke ungelöstes Alkali befinden, übergießen, oder einen aus dem Alkali mit Wasser geformten Brei darauf bringen, und diese Lauge oder Brei mit dem positiven Polardraht in Verbindung setzen. Im Allgemeinen wird es zweckmäßig seyn, den Polardraht, welcher mit dem Quecksilber in Berührung kommt, von Eisen zu nehmen, welches sich nicht mit Quecksilber amalgamirt, denjenigen aber, welcher mit dem Alkali in Berührung ist, von Gold oder Platin, um nicht vom Alkali aufgelöst zu werden. Jedenfalls muß man das gebildete Amalgam, um es aufzubewahren, unter Steinöl bringen, oder noch besser, wie Davy öfters verfuhr, das Quecksilber mit dem Alkali gleich unter Steinöl galvanisiren, da sonst das Alkalimetall im Amalgam allmälig oxydirt werden würde †.

Bemerkt zu werden verdient, daß, wenn man das Kalium aus festem Kali reducirt, die Metallkügelchen nach Erman's und Simon's †† Beobachtung nicht blos unmittelbar in Berührung mit dem negativen Draht erscheinen, sondern auch in einiger Entfernung von demselben. Die größte Entfernung von diesem Drahte, in der solche Kügelchen sich noch zeigten, war, bei einem Abstand der Spitzen der Leitungsdrähte von 4 bis 5 Linien, 1 bis 1½ Linien. Nie aber zeigten sich am positiven Drahte dergleichen Kügelchen.

Es ist in Obacht zu nehmen, daß, wenn man kein Quecksilber zur Reducirung zuzieht, eine sehr kräftig wirksame Säule nöthig ist, diese Reduction zu bewirken †††; bei Mitwirkung von Quecksilber

---

* Statt Alkali läßt sich auch irgend ein Alkalisalz anwenden, um die Reduction des Alkalimetalls zu bewirken.

** Lehrb. der Chemie I. 331.

*** Lehrb. der Chemie. 3te Aufl. I. 734; Gilb. XXXVI. 215.

† Hinsichtlich der Reduction selbst ist die Beschaffenheit der Polardrähte gleichgültig, wie Jacquin durch Versuche mit Drähten von Platin, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Zinn, Blei, Zink, Holzkohle dargethan (Gilb. XXVIII. 146).

†† Gilb. XXVIII. 125.

††† Davy führt in dieser Hinsicht an, bei seinen ersten Versuchen über das Kalium habe er sich dasselbe oft mit einer Batterie aus 100 Plattenpaaren Zink und Kupfer, von 6 Zoll im Gevierten, die mit Salpetersäure, mit 40 Theilen Wasser verdünnt, gefüllt wurde, verschafft; und das sey der schwächste Apparat, dessen er sich bedient habe. Da aber mehrere Platten desselben schon stark ange-

jedoch nach der von Berzelius angegebenen Methode reicht ſchon eine Säule von 20 Plattenpaaren von 1½ Zoll Durchmeſſer hin, die Reduction von Kali zu bewirken. Das Queckſilber wird hiebei allmälig ſchwerflüſſiger und man entdeckt kleine ſich bildende Metallkryſtalle, wie es ſcheint von kubiſcher Geſtalt, welche eine chemiſche Verbindung von Queckſilber mit Kalium ſind.

Uebrigens reduciren ſich die Alkalimetalle nicht mit gleicher Leichtigkeit. Nach Trommsdorff's* Verſuchen, die er jedoch nicht für hinlänglich zuverläſſig angiebt, ſcheinen ſie in dieſer Hinſicht folgende Reihe nach abnehmendem Grade zu bilden: Natron (Ammoniack), Kali, Baryt, Strontian, Kalk.

Ammoniack in Berührung mit Queckſilber. — Ganz eigenthümliche Erſcheinungen nehmen Platz, wenn man Ammoniackflüſſigkeit** in Berührung mit Queckſilber am negativen Pol galvaniſirt, indem ſich das Queckſilber dabei in eine ſehr voluminöſe Maſſe verwandelt, von welcher es noch zweifelhaft iſt, ob ſie das Amalgam von Queckſilber mit Waſſerſtoff und Ammonium***, wie nach Berzelius der Fall, oder eine Verbindung von Queckſilber mit Ammoniack und Waſſerſtoffgas, wie Gay-Luſſac und Thénard meinen, ſey. Die Verhandlungen über dieſe Streitfrage und die Bildung dieſer Verbindung, die wir Ammoniumamalgam nennen wollen, finden ſich in der Anmerk. † ihrer Literatur nach angegeben.

Zuerſt ſcheint Seebeck die Bildung dieſes Amalgams beobachtet zu haben; die erſte genauere Unterſuchung deſſelben aber wurde, und zwar wie es ſcheint, ohne vorgängige Kenntniß der Seebeck'ſchen Entdeckung, von Berzelius und Pontin vorgenommen. Wir beſchränken uns hier darauf, die Bildungsweiſe dieſes Amalgams und einige ſeiner Haupteigenſchaften anzugeben.

Man legt nach Berzelius Angabe †† ein wenig Queckſilber auf den Boden einer offenen gläſernen Schale, und führt darein

---

griffen geweſen, ſo glaube er, daß eine Verb. von 80 Plattenpaaren ausreichen werde (Gilb. XXXV. 390). — Calcium, Strontium und Barium erfordern nach der allgemeinen Erfahrung weit ſtärkere Apparate als Kalium zur Reduction.

* Gilb. XXX. 337.

** Statt deren kann auch die Auflöſung eines Ammoniakſalzes dienen.

*** d. i. mit dem hypothetiſchen metalliſchen Radical des Ammoniaks, dieſes als Oxyd betrachtet, ꝛc.

† Seebeck in Ann. de Chim. LXVI. 191. — Trommsdorff in Gilb. XXX. 336. — Berzelius und Pontin in Gilb. XXXVI. 261. — Davy in Gilb. XXXIII. 238. — Gay-Luſſac und Thénard in Gilb. XXXV. 133. — Berzelius Vertheidigung ſeiner Anſicht, Gilb. XXXVI. 198. — Davy gegen Gay-Luſſac und Thénard in Gilb. XXXVI. 211. 222. — Gay-Luſſac's und Thénard's Bemerkungen gegen Davy in Gilb. XXXVI. 217. 241. — Davy's fernere Bemerkungen und Verſuche in Gilb. XXXVII. 181; XXXIX. 1.

†† Lehrb. der Chemie. 3te Aufl. I. S. 780.

einen Draht von Eiſen oder Platin vom negativen Pol der Säule. Auf dieſes Queckſilber wird conc. Aetzammoniackflüſſigkeit gegoſſen, worin ein mit dem poſitiven Pol verbundener Platindraht ſo eingeſetzt wird, daß er eine Linie vom Queckſilber abſteht. Im erſten Augenblicke giebt blos der poſitive Draht Gas, aber bald fangen Gasblaſen ſich auch vom Queckſilber zu entwickeln an; dieſes ſchwillt auf, wird allmälig dick wie Butter, erhält eine ſilberweiße Farbe und wird zu einem 5- bis 6mal größern Volumen erweitert. Dieſes jetzt nicht mehr flüſſige Amalgam verwandelt ſich beim Herausnehmen ſchnell, unter Entwickelung von Waſſerſtoffgas, in Ammoniack und Queckſilber vom urſprünglichen Volumen; nach Berzelius, weil ſich hiebei das Ammonium des Amalgams aus dem Waſſer wieder zu Ammoniack oxydirt; nach Gay-Luſſac und Thénard, weil das Amalgam ſelbſt eine Verbindung von Queckſilber mit Ammoniack und Waſſerſtoffgas iſt *.

Erden (Magneſia, Thonerde, Kieſelerde, Glycinerde, Zirkonerde). — Die Erden ohne Zuziehung von Queckſilber durch die Säule zu reduciren, iſt bis jetzt auf keine Weiſe gelungen; — mit Queckſilber oder Queckſilberoxyd nur bei der Magneſia, ganz auf ähnliche Art, wie wir bei den Alkalien angegeben haben **, dagegen ſowohl Berzelius *** als Davy † vergebliche Verſuche anſtellten, Thonerde, Kieſelerde und Yttererde für ſich oder in Berührung mit Queckſilber zu reduciren. Doch iſt es Davy †† geglückt, indem er ſchmelzende Verbindungen von Alkalien mit Erden einer ſtarken Batteriewirkung ausſetzte, kleine Mengen einer Subſtanz am negativen Drahte als Ueberzug zu erhalten, welche nach allen damit angeſtellten Verſuchen eine Legirung des Alkalimetalls mit dem Metall der angewandten Erde zu ſeyn ſchienen.

D. Salze †††.

Sämmtliche in Waſſer aufgelöſte Salze werden durch die Säule ſo zerſetzt, daß ihre Säure zugleich mit dem Sauerſtoff des zerſetzten

---

* Wenn man ein Stück Salmiack nimmt, ein Loch darin ausgräbt, dieſes Loch mit ein wenig Waſſer anfeuchtet und eine Kugel von Queckſilber hineinlegt, die durch einen Draht von Platin mit dem negativen Pole der Säule verbunden wird, während man von dem entgegengeſetzten Pol einen Platindraht in den feuchten Salmiack hineinführt, und dieſen dem Queckſilber ſo nahe bringt, wie es nur möglich iſt, ohne es zu berühren, ſo ſchwillt die Queckſilberkugel dermaßen, daß ſie allmälig die ganze Grube füllt und endlich hoch darüber hervorragt, und man kann auf dieſe Art dieſes Amalgam in größerer Quantität erhalten. (Berzelius.)

** Davy in Gilb. XXXII. 378.

*** Gilb. XXXVI. 279.

† Gilb. XXXII. 386.

†† Gilb. XXXII. 391.

††† Die wichtigſten Verſuche über die Zerſetzung der Salze dürften Hiſinger und Berzelius einerſeits und Davy andererſeits angeſtellt haben. Die der beiden erſten finden ſich in Gilb. XXVII. 270, auch in Gehlen N. a. J. I. 115;

Waſſers am poſitiven, die Baſe zugleich mit dem Waſſerſtoff des zerſetzten Waſſers am negativen Polardraht angeſammelt wird. In Folge deſſen nun aber können je nach der Beſchaffenheit des Salzes und der Polardrähte verſchiedene Erſcheinungen eintreten. Iſt das Salz ein Alkali- oder Erdſalz, ſo wird ſich am negativen Pole der Waſſerſtoff des zerſetzten Waſſers wirklich entbinden, und die Baſe um den negativen Pol unzerſetzt angeſammelt bleiben; iſt es dagegen das Salz eines ſchweren Metalls, ſo wird zwar unter einigen Umſtänden, namentlich bei ſchwacher Wirkung der Säule und gewiſſen Metallen, das Oxyd ebenfalls unzerſetzt um den negativen Pol angeſammelt bleiben *, in der Regel aber wird der Waſſerſtoff des zerſetzten Waſſers zur Reduction des daſelbſt angeſammelten Oxyds verwandt werden und man hier eine Ausſcheidung reguliniſchen Metalls, aber keine oder eine geſchwächte Entbindung von Waſſerſtoff, und einen Niederſchlag von Metall anſtatt eines Niederſchlags von Oxyd erhalten.

Jedoch auch in Alkalisalzlöſungen, oder befeuchtetem feſten Alkalisalz erfolgt Reduction des Alkalimetalls am negativen Pole, wenn ſich daſelbſt Queckſilber befindet, mit dem ſich das reducirte Metall amalgamiren kann **. — Iſt das Salz ein Ammoniakſalz, ſo wird

---

die des letztern in Gilb. XXVIII. 17. — Hiſinger und Berzelius zerſetzten von Salzen: ſalzſaures, ſaures und neutrales ſchwefelſaures, ſalpeterſaures, phosphorſaures, boraxſaures und blauſaures Ammoniak, ſalzſaures Natron, ſalpeterſ., ſaures und neutrales ſchwefelſaures Kali, ſalzſauren Kalk unter Anwendung theils oxydirbarer, theils nicht oxydirbarer Polardrähte. Davy's Verſuche ſind beſonders wegen genauer Unterſuchung der überführenden Wirkungen des Volta'ſchen Apparats wichtig, und ihr Weſentliches iſt ſchon oben angeführt worden. Außerdem unterſuchte er die Zerſetzungen von ſchwefelſ. und ſalpeterſ. Kali, ſchwefelſ., phosphorſ. und ſauerkleeſ. Natron, ſchwefelſ. und benzoeſ. Ammoniak, ſalpeterſ. Baryt, Alaun, ſalzſ. Eiſen, ſchwefelſ. Zink u. ſ. w. — Auch unterſuchte er die Zerſetzung mehrerer in Waſſer unauflöslicher Salze, wovon wir ebenfalls weiterhin noch ſprechen wollen.

Außerdem ſind noch anzuführen Verſuche: Cruickſhank's mit eſſigſ. Blei, ſchwefelſ. Kupfer, ſalpeterſ. Silber, ſalzſ. Ammoniak, ſalpeterſ. Magneſia in Gilb. VI. 364; mit ſalzſ. Kalk und ammoniakaliſcher Metallauflöſung in Gilb. VII. 90; Böckmann's mit Kochſalz, Salmiak, ſalzſ. Kalk, Alaun, Salpeter, Borax, cyanblauſ. Kali, ſchwefelſ. Kupfer, Kupferauflöſung in ſalzſ. Ammoniak, ſalpeterſ. Silber, ſchwefelſ. Eiſen, ſalpeterſ. Blei, Bleizucker, Seifenauflöſung in Gilb. VIII. 155; von Desormes mit Kochſalz, Salmiak, ſalzſ. und ſchwefelſ. Thonerde, chlorſ. Kali, ſalpeterſ. Silber, Kreidekali, Schwefelleber, in Gilb. IX. 35; von Riſſault und Chompré mit ſalpeterſ. Natron, ſalzſ. und ſalpeterſ. Kalk in Gilb. XXVIII. 115.

* So erhält man nach Ruhland aus ſalpeterſ. Nickel nur bei ſtärkerer Wirkung der Säule völlige Reduction, bei geſchwächter das grüne Oxyd; ſalpeterſ. Uran giebt bei völlig thätiger Säule das Peroxyd als eine braunſchwarze Subſtanz, die theils ſchwammartig den Platindraht umgiebt, theils als Pulver niederfällt, aber leicht in das gelbe Oxyd übergeht. Eben ſo giebt völlig reines ſchwefelſ. Mangan am negativen Pol das braune Peroxyd, das aber an der Luft in das ſchwarze übergeht (Schweigg. J. XV. 416).

** Vergl. in dieſer Hinſicht die im Allen Cap. beſchriebene Claſſe von Erſcheinungen. — Ferner gehört hieher das von Seebeck (Thénard Lehrb. der Chemie

das am negativen Pole angeſammelte Ammoniack nicht weiter (außer bei Gegenwart von Queckſilber) zerſetzt *.

Auch Davy (Gilb. XXXII. 377) beobachtete ſolchergeſtalt Reduction aus ſalzſ. Kalk, ſalpeterſ. Strontian und ſalzſ. Baryt, ſalpeterſ. Baryt, ſchwefelſ. Kalk und ſchwefelſ. Magneſia. Oefters auch (Gilb. XXVIII. 476, XXX. 334) iſt die Reduction des Kalimetalls aus kohlenſ. Kali unter Mitwirkung von Queckſilber vorgenommen werden. — Selbſt das Ammoniumamalgam läßt ſich nach Davy (Gilb. XXXIII. 248) am beſten ſo darſtellen, daß man Salmiack oder kohlenſ. Ammoniack mit Queckſilber am negativen Pole der geſchloſſenen Säule in Berührung ſetzt.

Iſt ferner der poſitive Polardraht ſo beſchaffen, daß er unter Einfluß der ſich um ihn anſammelnden Säure oxydirt zu werden vermag, ſo wird ſich hier ebenfalls kein Gas entbinden, indem dann der Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers zur Oxydation verwandt wird, worauf ſich die Säure mit dem gebildeten Oxyd verbindet. Iſt der Draht aber nicht oxydirbar, ſo wird ſich ſowohl der Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers in freiem Zuſtande entbinden, als die Säure in freiem Zuſtande um den Draht angeſammelt bleiben.

Ob die Säure, die ſich um den poſitiven Pol anſammelt, dann hier noch weiter zerſetzt wird, ſcheint auf die Beſchaffenheit derſelben, wahrſcheinlich auch auf die Stärke der Säule, anzukommen. Bei ſämmtlichen, mit ſchwefelſauren, ſalpeterſauren, phosphorſauren Salzen von den verſchiedenſten Beobachtern unter ſehr abgeänderten Umſtänden angeſtellten, Verſuchen finde ich nirgends eine ſolche Zerſetzung oder eine Erſcheinung, die darauf deutete, erwähnt. Nach einem Verſuche von Desormes ſcheint bei chlorſauren Salzen eine ſolche einzutreten **, und aufs Beſtimmteſte iſt ſie bei den metallſauren Salzen, namentlich bei dem molybdänſ. Ammoniack von Hahn *** und dem arſenikſauren Kali von Biſchof †

I. 377) angegebene Verfahren, Calcium darzuſtellen. Man ſoll nämlich einen Teig von ſchwefelſ. Kalk oder einem andern Kalkſalze mit Waſſer machen, ihn, zu einem Schälchen geformt, auf eine Metallplatte ſetzen, Queckſilber in dieſe Art Schälchen thun und einerſeits mit dem Queckſilber den negativen Draht einer wirkſamen Säule, andererſeits den poſitiven Draht der nämlichen Säule mit der Metallplatte in Berührung bringen, wo ſich dann ein Calciumamalgam bildet.

* Dies erhellt aus den Verſuchen von Berzelius und Hiſinger mit vielen Ammoniakſalzen (Gilb. XXVII. 270).

** Als er nämlich chlorſ. Kali in einer Heberröhre zwiſchen Kupferdrähten in die Kette brachte, löſte ſich der poſitive Kupferdraht allmälig auf; in der Auflöſung fand ſich ſalzſ. Kupfer; auch ſetzte ſich viel Oxyd zu Boden. Nach dem Abdampfen blieb etwas ſalzſ. Kali zurück (Gilb. IX. 36). Wahrſcheinlich war hier die Säure am poſitiven Pole wieder zerſetzt worden, ihr Chlor als elektronegativer Beſtandtheil zum negativen Pole übergegangen und hatte ſich dort mit dem Waſſerſtoff zu Salzſäure verbunden.

*** Gilb. XIV. 235.

† Kaſtn. VI. 439. Der negative Draht bekam in der Auf. von arſenikſ. Kali einen ſchwarz metalliſchen Anflug, der ſich als Arſenikmetall verhielt. Die

beobachtet worden, indem hier Reduction des Metalls am negativen Pole erfolgte; ferner bei den ſalzſauren Salzen. Wie es ſcheint, wird bei letztern der Waſſerſtoff der Säure ganz oder zum Theil durch den am poſitiven Pol gleichzeitig angeſammelten Sauerſtoff des zerſetzten Waſſers entzogen, ſo daß das ausgeſchiedene Chlor nun entweder in freiem Zuſtande um den poſitiven Draht angeſammelt bleibt, oder ſich mit dem Metall des Drahts zu Chlormetall verbindet *.

Auf ähnliche Weiſe würden ſich wahrſcheinlich jod- und brom-waſſerſtoffſaure Salze verhalten.

Es können auch Salze, welche ſich ſchwer oder gar nicht im Waſſer auflöſen, dennoch durch die Säule zerſetzt werden, wenn ſie bei hinlänglicher Befeuchtung mit Waſſer der Wirkung der Säule ausgeſetzt werden. Wir haben ſchon erwähnt, daß ſelbſt die Glasröhren, in denen das Waſſer eingeſchloſſen wird, hiebei Beſtandtheile aus ihrer Subſtanz hergeben. Von vielen Verſuchen Davy's **, welche in Bezug auf dieſen Umſtand ſtehen, wollen wir nur folgenden anführen.

Davy verband mit einander durch faſrigen Gyps, der in gereinigtes Waſſer getaucht worden, zwei Gefäße aus Alabaſter, deren jedes ungefähr 14 Gran Waſſer faßte, füllte ſie mit gereinigtem Waſſer und tauchte in ſie die Platindrähte einer Volta'ſchen Batterie aus 100 Plattenpaaren von 6 Quadratzoll Oberfläche, ſo daß die Elektricität längs der Faſern des Gypſes hin wirkte. Schon nach 5 Minuten reagirte das Waſſer in dem Gefäße des poſitiven Drahtes ſauer, das im andern Gefäße alkaliſch. Als eine Stunde darauf ſorgfältig beide Flüſſigkeiten unterſucht wurden, zeigte ſich, daß das Gefäß der negativen Seite eine reine und geſättigte Auflöſung von Kalk enthielt und zum Theil mit einer Kalkrinde bedeckt war, während ſich im Gefäß der poſitiven Seite ſchwache Schwefelſäure vorfand.

Wenn man ein ſaures Salz der Zerſetzung unterwirft, ſo ſcheint nach den Verſuchen von Berzelius und Hiſinger *** erſt Zerſetzung in neutrales Salz und Säure zu erfolgen, und erſt nachher das neutrale Salz in Säure und Baſis zerſetzt zu werden.

Starke oder geſättigte Salzauflöſungen zeigen nach Davy's † Erfahrungen zwar ein viel ſchnelleres Fortſchreiten im Zerſetzen,

---

Reduction erfolgte aber viel langſamer als aus einer Auflöſung von Arſenikſäure und arſenigter Säure.

* Berzelius und Hiſinger brachten Kochſalzlöſung in einem umgekehrten Heber zwiſchen Silberdrähte in die Kette. Der poſitive Draht umzog ſich mit einer Rinde von Chlorſilber, und die Flüſſigkeit auf der poſitiven Seite war nach 12 Stunden gelblich geworden und roch nach Chlor (Gilb. XXVII. 281).

Davy führt kurz an, die Auflöſungen ſalzſaurer Salze zwiſchen Platindrähte in die Kette gebracht, hätte ihm ſtets Chlor in dem poſitiven Gefäße gegeben. (Gilb. XXVIII. 24.)

** Gilb. XXVIII. 18.

*** Gilb. XXVII. 284.

† Gilb. XXVIII. 25.

als die schwachen Auflösungen, doch werden die Alkalisalze zersetzt, wenn auch noch so wenig davon in der Auflösung vorhanden ist; auch hält nach Davy's * Versuchen die Zersetzung nicht bei einem bestimmten Grade ein, sondern nach kürzerer oder längerer Zeit findet man alles Salz der Flüssigkeit zersetzt und seine Bestandtheile um die respectiven Pole angesammelt.

IV.

Von dem Vermögen gewisser Metalle, durch ihre Berührung die Verbindung des Sauerstoffs mit Wasserstoff zu befördern **.

Wenn Wasserstoff mit Metallen in Berührung kommt, welche eine verhältnißmäßig starke Elektronegativität besitzen, so wird seine Fähigkeit, sich mit dem Sauerstoff zu verbinden, dadurch sehr erhöht, so daß diese Verbindung schon bei einer geringern Temperatur geschehen kann, als ohnedem. Ist überdies das Metall in Form dünner Blätter oder Drähte oder feinen Pulvers oder einen schwammartigen Zustand gebracht, in dem es sich gleichsam als eine Ansammlung feiner Hervorragungen und Spitzen betrachten läßt, so nimmt die verbindungbefördernde Wirkung seiner Berührung noch um Vieles zu, so daß das Wasserstoffgas, selbst schon wenn es bei gewöhnlicher Temperatur mit den negativsten Metallen in dieser Form in Berührung kommt, eine so rasche Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft eingeht, daß eine zum Glühen des Metalls hinreichende Hitze dadurch erzeugt wird.

Vor allen theoretischen Erörterungen über diesen Gegenstand wenden wir uns zur nähern Betrachtung der Erscheinungen selbst.

Die einfachste Art, den Grundversuch über diese Umstände anzustellen, besteht darin, daß man einen Strom Wasserstoffgas aus einer damit gefüllten Blase oder einem Gasreservoir mittelst eines

---

* Gilb. XXVIII. 24.

** Literatur über diesen Gegenstand. — Döbereiner über neu entdeckte, höchst merkwürdige, Eigenschaften des Platins. Jena, bei Aug. Schmidt. 1823. Derselbe in s. pneum. Chem. IV. 59. — Derselbe in Schweigg. J. XLII. 60. — Dulong und Thénard in Döbereiner pneum. Chem. IV. 4. — Dieselben ebend. 11; auch Kastn. Arch. I. 81. — Heropath in Döbereiner pneum. Chem. IV. 23. — Pfaff (mit Nachtrag von Schweigger) in Schweigg. J. XL. 1; auch in Döb. pneum. Ch. IV. 33. — Pleischl in Schweigg. J. XXXIX. 202. 352. — Dana in Schweigg. J. XLIII. 380. — Bischof ebend. XV. 212. — Schmidt ebend. XLII. 247. — Henry in Bull. des sc. math. 1824. oct. 244; auch in Berzelius Jahresber. 1827. 147. — Van Mons in Kastn. Arch. VI. 81. — Bellani in Giorn. di Fis. 1824. 138. Kastner in s. Arch. I. 79; II. 230; VII. 232. — Wöhler (Wirkung des Palladiums auf die Weingeistflamme) Pogg. Ann. III. 71. — Osann in Kastn. Arch. II. 448. — Dulk ebend. VI. 467. — Magnus in Pogg. Ann. III. 81.

ſeinen Röhrchens durch die atmoſphäriſche Luft hindurch gegen Platinſchwamm * bei gewöhnlicher Temperatur richtet. Man wird ſofort das Waſſerſtoffgas ſich entzünden und das Platin in lebhaftes Glühen kommen ſehen, welches ſo lange fortdauert, als man den Gasſtrom unterhält.

Es iſt bekannt, welche ſinnreiche Anwendung Döbereiner, dem wir die erſte Beobachtung dieſer Erſcheinung verdanken **, davon zur Einrichtung eines Schnellfeuerzeugs gemacht hat, welches wir hier beſchreiben wollen, da es zugleich das bequemſte Mittel darbietet, die Erſcheinung ſelbſt nachzuweiſen.

ABC, Fig. 62, iſt ein Cylinderglas, welches oben durch den metallenen Pfropf D verſchloſſen wird, den man mit den darauf befeſtigten Stücken beliebig herausheben und einſetzen kann. Unten am Pfropf iſt der engere Glascylinder a b befeſtigt, welcher unten offen iſt, ſo daß ſein Innenraum mit dem Raum des weitern Gefäßes ABC Gemeinſchaft hat. In der Mitte des engern Cylinders geht ein, ebenfalls unten am Pfropf befeſtigter, Stab c d herab, an welchem unten ein maſſives Stück Zink befeſtigt iſt. Mittelſt einer Durchbohrung des Pfropfs communicirt der Innenraum des engern Cylinders mit einem, durch die Röhre E hindurchgehenden Hahn, an welchem vorn die mit einer feinen Oeffnung verſehene Spitze g angeſchraubt iſt. Und durch Drehen des Hahns mittelſt des Hebels f läßt ſich ſolchergeſtalt die Gemeinſchaft des Innenraums a b mit der Luft herſtellen oder verſchließen. Der Mündung g gegenüber befindet ſich ein anderes offenes Röhrchen F eingeſchraubt, in welchem der Platinſchwamm zwiſchen einem Gewebe feiner Platinfäden befeſtigt iſt ***.

---

* Man bereitet den Platinſchwamm durch Glühen des Platinſalmiacks. Bei einer je geringern Glühhitze die Reduction geſchehen, um ſo wirkſamer iſt er. Bis zum Weißglühen erhitzter Platinſchwamm erglüht nicht mehr im Knallgas, bewirkt aber langſam und ohne merkliche Temperaturerhöhung die Verbindung des Waſſerſtoffs mit dem Sauerſtoff. Platinpulver, erhalten von Platinſalmiack, der vor dem Glühen mit Kochſalz zuſammengerieben worden, hat dieſelben Eigenſchaften als Platinſchwamm. Platinpulver, durch Zink aus einer Platinauflöſung gefällt, beſaß dieſe Eigenſchaft in höherm Grade und behielt ſie beſtändiger, als irgend ein anderes Platinpräparat. — Neuerdings hat Zeise (Pogg. Ann. IX. 233) ein neues ebenfalls wirkſames Platinpräparat darſtellen gelehrt.

** Doch muß bemerkt werden, daß Erman (Berl. Abh. 1818 — 1819. 270) ſchon früher die Beobachtung machte, daß Platindraht, bis etwa 40° R. erwärmt, im Knallgasſtrom zum Glühen kommt.

*** Man kann auch ſtatt der Röhre F ein Schälchen, welches das Platin aufnimmt, unterhalb der Mündung g anbringen, welche letztre dann abwärts gebogen ſeyn muß. Die Entfernung der Ausſtrömungsmündung vom Platin darf weder zu groß noch zu klein ſeyn, am beſten ungefähr ½ Zoll. Zweckmäßig iſt es, die Röhre F oder das Schälchen mit einem Metalldeckel zu verſchließen, und dieſen auf ſolche Art mit dem Hebel f zu verbinden, daß mit der Oeffnung des Hahns zugleich der Deckel von der Mündung des Röhrchens oder Schälchens weggeſchoben, beim Verſchluß aber wieder darüber geſchoben wird. Auf ſolche Weiſe ſchützt man das Platin während der Zeit des Nichtgebrauchs vor etwaigen Veränderungen durch die Luft.

Man hebe nun den Pfropf D mit seinen Ansätzen heraus, gieße das Cylinderglas ABC etwa halb voll mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure, und setze ihn wieder bei geschlossenem Hahne ein. Sofort wird das Zinkstück e aus der Säure Wasserstoffgas entwickeln, welches in den engern Cylinder a b aufsteigend das Niveau der Flüssigkeit darin herabdrücken, und sich so lange zu entwickeln fortfahren wird, bis die Säure unterhalb des Zinks e hergedrückt ist (wobei sie entsprechend im Außenraum des Cylinders a b steigt). Da sie jetzt nicht weiter auf das Zink wirken kann, so hört die Entbindung des Wasserstoffgas auf. Oeffnet man nun den Hahn durch Drehung des Hebels f, so strömt das Wasserstoffgas auf das Platin im Röhrchen F aus, entzündet sich und bringt das Platin zum Glühen. An der Flamme des Gasstroms läßt sich dann leicht eine Kerze anzünden. Die Flamme und das Glühen des Gasstroms dauern so lange, bis man entweder den Hahn schließt, oder bis die Säure, welche jetzt wieder im innern Cylinder aufsteigt, sich im Innen- und Außenraum von a b ins Niveau gesetzt hat. Nach Verschluß des Hahns tritt jetzt neue Ansammlung von Wasserstoffgas ein, bis dieses wieder hinreicht, die Säure unter das Zink herabzudrücken, worauf der Prozeß abermals einhält u. s. f.

Hat man sich dieses Feuerzeugs öfters bedient, so muß man die Säure erneuern, indem sie sich zuletzt so mit Zink sättigt, daß sie dasselbe nicht weiter anzugreifen vermag; so wie auch mit der Zeit das Zink durch Auflösung verschwindet. Oefters findet man, daß auch der Platinschwamm seine Wirksamkeit mit der Zeit verliert, dann reicht es hin, ihn auszuglühen, oder in Salpetersäure einzutauchen, um ihm seine Wirksamkeit wieder zu ertheilen *.

Der hier beschriebene Versuch gelingt noch unter mancherlei Abänderungen. So, wenn man ein Stück Platinschwamm in Knallgas (ein Gemeng aus 2 Vol. Wasserstoff und 1 Vol. Sauerstoff) taucht, erfolgt die Verbindung beider Gasarten zu Wasser so schnell, daß Detonation Statt findet **. Entfernen sich die Verhältnisse des Gasgemengs sehr von denen des Wassers oder findet sich ein fremdes Gas, z. B. Stickstoff gegenwärtig, so erfolgt wenigstens eine langsame Verbindung unter geringer Temperaturerhöhung, und man sieht das Wasser sich bald an den Wänden der Glocke niederschlagen. (Dulong und Thénard).

Nicht allein in Gestalt von Schwamm, sondern auch unter andern Formen vermag das Platin die Verbindung des Wasserstoffs

---

* Es ist nicht ausgemittelt, woher der Verlust an Wirksamkeit rühre. Dulong und Thénard haben sich überzeugt, daß das Tränken mit Wasser oder das Einwirken von siedenden Wasserdämpfen seine Wirksamkeit nicht einmal merklich vermindert.

** Auf Wasserstoffgas allein angewandt ist der Platinschwamm jedesmahl ohne Wirkung.

mit dem Sauerſtoff zu begünſtigen. Möglichſt dünne Platinbleche* oder Platinfeile, friſch gehämmert oder gefeilt, bewirken ebenfalls Detonation des Knallgaſes bei gew. Temperatur. Einige Minuten der Luft ausgeſetzt aber verlieren ſie dieſe Eigenſchaft vollſtändig. Sie erhalten dieſelbe aber wieder, und ſogar verſtärkt, wenn man ſie bis zum Rothglühen in einem bedeckten Tiegel erhitzt, und behalten dann ihre volle Kraft 24 Stunden bei, wenn man ſie in einem verſchloſſenen Gefäße aufbewahrt; verlieren ſie aber ſehr ſchnell an der Luft.

Friſcher Platindraht (von $\frac{1}{50}$ Mill. Dicke) erhitzt ſich zwar nicht bei gew. Temp., wenn er einem Strom von Waſſerſtoffgaſe in der atm. Luft ausgeſetzt wird, ſondern man muß ihn erſt wenigſtens bis 100° C. erhitzen, damit er die Verbindung beider Gasarten bewerkſtelligt und ſeine Temperatur über die ihm mitgetheilte erhöht. Bringt man den nämlichen Draht nochmals ins Glühen und läßt ihn bis zu gewöhnlicher Temperatur erkalten, ſo wirkt er zwar noch nicht, aber ſeine Wirkung fängt jetzt ſchon bei ungefähr 50° bis 60° an **.

Sehr bemerkenswerth iſt der Umſtand, daß einen gleich vortheilhaften oder noch vortheilhaftern Einfluß als das Glühen, das Eintauchen in ſtarke Säuren namentlich Salpeterſäure für die Wirkung des Platins hat.

So, wenn man den nämlichen Platindraht einige Minuten in kalte oder heiße Salpeterſäure bringt und die Säure durch wiederholte Waſchungen entfernt, erhitzt er ſich, nachdem er in einer Wärme von ungefähr 200° C. getrocknet worden, ſchon bei gewöhnlicher Temp. durch den Waſſerſtoffgasſtrom, und kommt, wenn dieſer hinlänglich raſch iſt, dadurch zum Glühen. Daſſelbe iſt mit Platinfeile der Fall. Concentrirte Schwefelſäure und Salzſäure wirken eben ſo, jedoch die letztere beſonders mit minderer Stärke.

Auch die durch Eintauchen in Säuren erlangte Wirkſamkeit bleibt an freier Luft blos einige Stunden lang, aber in verſchloſſenen Gefäßen über 24 Stunden hindurch. Die Beſchaffenheit dieſer Gefäße und ihre Iſolirung ſcheinen ohne Einfluß auf die Dauer der Wirkſamkeit zu ſeyn. Taucht man den Platindraht, iſolirt gehalten, in eine ebenfalls iſolirte kleine Maſſe Queckſilber, ſo verſchwindet die Wirkſamkeit in ungefähr 5 Minuten, und eben ſo ſchnell, wenn man ihn einem ſtarken Strom von atm. Luft, Waſſerſtoffgas oder Kohlenſäure ausſetzt. Kali-, Natron- und Ammoniackflüſſigkeit benehmen dem Draht nicht die durch Eintauchen in Salzſäure erlangte Wirkſamkeit; die beiden erſtern ſcheinen ſie ſelbſt mit-

---

* Mit der Dünne nimmt die Wirkſamkeit zu.

** Hierauf gründet ſich die Erfahrung Davy's daß ein erhitzter, aber zum Theil wieder abgekühlter, Platindraht in ein Gemeng von Waſſerſtoffgas und Luft getaucht, ſo weißglühend wird, als wenn er ſelbſt entzündet wäre.

der zu beleben in einem Draht, dem man sie mehrmals durch dies Verfahren mitgetheilt hat.

Man weiß bis jetzt durchaus nicht anzugeben, welche eigenthümliche Veränderung das Platin durch die Säure erleidet, die es dieser erhöhten Wirksamkeit fähig macht. Indeß ist es an sich interessant und wichtig, daß eine solche Veränderung in Säuren Statt findet, die man gewöhnlich als ohne Einwirkung auf das Platin ansieht. Auch haben wir uns schon einigemal auf diese Veränderungen bezogen.

Nicht allein die Verbindung des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff, sondern auch andere Verbindungen gasförmiger Körper vermögen durch das Platin unter den angegebenen Bedingungen begünstigt zu werden *.

So verwandelt sich eine Mischung von oxydirtem Stickgas und Wasserstoffgas durch den Einfluß des Platinschwamms unter Erglühen desselben in Wasser und Stickgas; salzs. Gas gesetzt sich langsam mit Sauerstoffgas in Chlor und Wasser; bildendes Gas so wie die Dämpfe von Alkohol und Aether bestimmen zwar nicht bei gewöhnlicher Temp. den Platinschwamm zum Glühen in atm. Luft, wohl aber wenn er vorher bis zu einem gewissen Grade erhitzt ist **.

Die bis jetzt erwähnte Eigenschaft ist dem Platin nicht eigenthümlich, sondern auch Rhodium, Iridium und Palladium erglühen unter denselben Umständen als das Platin schon bei gewöhnlicher Temperatur, und das Osmium, nach Erwärmung auf 40° bis 50° C. im Knallgas ***. Sonst hat kein Metall bei so niederer Temp. auf das Knallgas eine Wirkung; bei mehr oder minder erhöhten Temperaturen aber, immer jedoch noch unter dem Siedpunct des Quecksilbers, äußern alle Metalle eine mehr oder minder

---

* Vergl. Dulong und Thénard in Döbereiner zur pneum. Chem. IV. 9. — Döbereiner ebend. 66. — Derselbe in Schweigg. J. XLII. 80. — Van Mons in Kastn. VI. 81. — Henry in Bull. des sc. math. 1824. oct. 266. — Dana in Schweigg. J. XLIII. 350.

** Eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff gelang nicht zu bewerkstelligen; so wie auch nach Döbereiner ganz reines Kohlenstoffoxydgas, ferner Ammoniakgas, Schwefelwasserstoffgas u. s. w. nicht mit Sauerstoffgas bei gew. Temp. durch den Platinschwamm verbrennen. Nach Van Mons kann jedoch die Gegenwart von etwas freiem Wasserstoffgas solchen Gemengen die Entzündbarkeit durch Platinschwamm ertheilen und es ist deshalb wahrscheinlich, daß die, welche sie bei jenen Gemengen beobachteten, nie reinen Gasen operirten.

*** Auch das beim Auflösen des Platinerzes in Königswasser zurückbleibende schwarze Pulver, bestehend aus Iridium und Osmium, ist rothgeglüht und dann erkaltet fähig das Knallgas zu entzünden (Garden). Nach Döbereiner entzündet der aus Iridiumsalmiak dargestellte Iridiumschwamm das Knallgas schneller, als Rhodium- oder Palladiumschwamm.

kräftige Wirkung *. Ja selbst nicht metallische Substanzen, wie Bimsstein, Porzellan, Glas, Bergkrystall bestimmen die Verbrennung des Knallgases bei Temperaturen unter 350° C., und zwar merklich stärker, wenn sie in eckigen, als wenn sie in abgerundeten Stücken angewandt werden.

Was die Erklärung der vorstehenden Thatsachen anlangt, so müssen wir gestehen, daß sie sich bis jetzt noch nicht in genügender Art geben läßt. Allen Anschein hat es für sich, daß das Zusammenwirken mehrerer Umstände erfoderlich ist, damit ein Metall fähig werde, eine so rasche Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff zu bewirken, als wir in Bezug zum Platin und einigen andern Metallen beschrieben haben. Das eine Erforderniß ist offenbar eine sehr große Negativität des Metalls, da blos die elektronegativsten Metalle diese Eigenschaft in einem auffallenden Grade zeigen; und hiedurch erhält die Ansicht viel Wahrscheinlichkeit, die gleich Anfangs Döbereiner zur Erklärung dieser Erscheinungen aufstellte, daß das Wasserstoffgas durch Berührung mit dem Platin so stark positiv elektrisch wird, um eine sehr schnelle Verbindung mit dem Sauerstoff zu gestatten; gerade wie wir auch positive Metalle selbst um so leichter oxydirt werden sehen, mit einem je negativern Metalle sie in Berührung gesetzt werden. Jedoch kann hieron allein die Erscheinung nicht abhängen.

In der That sehen wir, daß das Platin nicht unter allen Gestalten und in allen Zuständen die Knallgas verdichtende Eigenschaft besitzt; daß vielmehr Temperaturerhöhung, feine Vertheilung oder Reducirung auf dünne Drähte oder Blätter, ein schwammartiger Zustand oder Eintauchen in Säure, Erfoderniße oder Beförderungsmittel für diese Eigenschaft sind, und daß auch andere Körper, welche keine vorstechende Negativität besitzen, diese Eigenschaft zwar in einem ohne Vergleich schwächern Grade als die negativen Metalle, aber doch immer noch sehr deutlich besitzen.

Wie sehr befördernd für dergleichen Wirkungen ein fein zertheilter Aggregatzustand oder schwammartiger Zustand seyn könne, lehren besonders die Thatsachen, die Magnus neuerdings in Bezug auf die pyrophorischen Eigenschaften einiger, bei niedriger Temperatur durch Wasserstoffgas reducirten, Oxyde gemacht hat. In der That fand er, daß nicht nur reines Eisenoxyd, sondern auch reines Nickel- und Kobaltoxyd, wenn sie durch Wasserstoffgas bei einer Temperatur unter der Rothglühhitze reducirt worden, wo kein Schmelzen oder Zusammensintern derselben Statt finden

* Gold in Blechen (lamen) wirkt bei 260° C., in dünnen Blättern bei 280° C., als feines Pulver bei 120° C. — Auch die erhitzten Oxyde von Mangan, Nickel, Kobalt, Zinn, Uran u. s. w. sind wirksam. — Mehrere andere sehr wirksame Substanzen hat Kastner (s. Arch. VII. 232.) angegeben.

kann, dann an die Luft gebracht, glühend werden und ſich wieder oxydiren, daß aber dieſe Erſcheinung weder bei leicht ſchmelzbarern Metallen noch bei den angegebenen Metallen erfolgt, wenn ſie über der Rothglühhitze reducirt werden, wo wahrſcheinlich ihr fein zertheilter Zuſtand durch Zuſammenſchmelzen aufgehoben wird. Setzt man jedoch dem Eiſen- oder Nickeloxyd vor der Reduction etwas Thonerde oder Beryllerde zu, ſo kann ihre Reduction dann auch bei Rothglühhitze geſchehen, ohne Beeinträchtigung ihrer pyrophoriſchen Eigenſchaften; wahrſcheinlich, weil der Zuſatz der Erde das Zuſammenſchmelzen erſchwert. Möglich iſt, daß bei den hier betrachteten Fällen etwas, von den reducirten Metallen condenſirter, Waſſerſtoff mit an der Erſcheinung Theil habe. Jedoch iſt es Magnus geglückt, ein metalliſches Pulver aufzufinden, was ſich von ſelbſt entzündet, ohne alles Beiſeyn von Waſſerſtoff. Wenn man nämlich kleeſaures Eiſen, bis zur Zerſetzung der Kleeſäure, im verſchloſſenen Gefäße erhitzt und in dieſem erkalten läßt, ſo erhält man auf dieſe Weiſe metalliſches Eiſen in ſehr fein vertheiltem Zuſtande, welches ſich an der atm. Luft von ſelbſt entzündet. Indeß verliert auch dieſes Pulver ſeine Entzündlichkeit, wenn man nur ein wenig zu ſtarke Hitze bei Zerſetzung der Kleeſäure anwendet.

Schließlich mögen hier noch einige nützliche und intereſſante Anwendungen der bisher erörterten Thatſachen angeführt werden.

Die Zähigkeit des Platinſchwamms oder Platinpulvers, die Verbindung des Waſſerſtoffs und Sauerſtoffs zu bewerkſtelligen, hat eine Anwendung derſelben zu eudiometriſchen Verſuchen veranlaßt *. Döbereiner bediente ſich hiezu früher poröſer Kugeln, von 1 bis 1½ Lin. Durchmeſſer, gebildet aus Platinſtaub, mit etwas Thon und Waſſer vermengt (und nachdem ſie lufttrocken geworden bis zum Weißglühen erhitzt), die an einem Platindraht in die Eudiometerröhre eingebracht wurden. Eine einzige ſolche Kugel reicht hin, 2, 3 und mehr Cubikzolle Knallgas zu verdichten und kann zu demſelben Zwecke, wenn man ſie nach jedesmaligem Gebrauche wieder trocknet, wohl 1000 mal benutzt werden.

Seit kurzer Zeit jedoch hat Döbereiner das Platin auf eine noch vortheilhaftere Weiſe zu demſelben Zweck zu benutzen gewußt, indem er mittelſt eines eigenthümlichen Verfahrens ** Glas-

---

* Man findet eine Beſchreibung und Abbildung des Döbereiner'ſchen Eudiometers mit Platinkugeln in f. pneum. Chem. IV. 65. oder im Laboratorium H. 6 Taf. XXIII. — Vergl. über Verſuche mit dem Platineudiometer: Döbereiner pneum. Ch. IV. 30. 65. — J. de Se. N. XXXII. 374.; Ed. phil. J. N. XXI. Jul. 1824. 99. — Pfeiſchl in Schweigg. J. XLII.

** Man überzieht das Glas mit einer Auflöſ. von Chlorplatin (ſalzſ. Platin) in Alkohol mittelſt eines Pinſels, läßt den Ueberzug abtrocknen und erhitzt dann das Glas zum Glühen.

rühren einen ganz feinen Platinüberzug zu geben weiß, welcher ebenfalls condensirend auf das Knallgas wirkt.

Giebt man dünn geblasenen Glaskugeln einen solchen Platinüberzug und setzt sie auf den (cylindrischen) Docht eines Weingeistlämpchens, so daß ihr unterer Theil vom Docht umfaßt wird, brennt den Docht an, und löscht ihn aus, wenn man die Kugel in der Flamme glühen sieht, so erhält sich die Kugel beständig in glühendem Zustande fort, indem sie einmal erhitzt, dann eine fortgehende Verbrennung der Alkoholdämpfe durch den Sauerstoff der Luft unterhält. Bekanntlich hat man diesen Umstand zur Einrichtung der sogenannten Platinlämpchen benutzt, und das Davy'sche sogenannte Glühlämpchen ist ganz auf ähnliche Art eingerichtet, nur daß hier statt der dünngeblasenen Glaskugel ein dünner Platindraht mit spiralförmigem Ende angewendet wird, den man in den Docht steckt, so daß die Spirale daraus hervorragt.

Es würde auch hier das Döbereinersche Essiglämpchen zu erwähnen seyn, dessen Beschreibung ich jedoch übergehe *.

V.

Galvanische Combinationen von besonderer Anordnung, nach Pohl **.

Wir wollen im Folgenden eine Zusammenstellung der Resultate geben, welche Pohl über die Richtung des Stroms bei verschiedenen eigenthümlichen Anordnungsarten von Ketten erhalten hat, mit der Bemerkung, daß es zur richtigen Einsicht in die Wirkungsart dieser Ketten noch an sichern Principien fehlt. So viel scheinen allerdings diese Anordnungen mit Gewißheit zu beweisen, daß der flüssige Leiter darin nicht als blos passives Medium zur Fortleitung einer nur von den Metallen ausgehenden El. angenommen werden könne, denn in mehrern dieser Combinationen (z. B. II.) findet gar keine directe Berührung ungleichartiger Metalle statt. Nehmen wir jedoch an, daß die Strömung in der Kette eine Function des Verhältnisses, in das die heterogenen Bestandtheile der Flüssigkeit zu den heterogenen Metallplatten treten, sey, so daß sich die negativen Bestandtheile stets nach dem positiven, die positiven nach dem negativen Metall hinbewegen, und ihre Elektricitäten nach diesen Richtungen mit sich führen, wie unsere im elektrochemischen Theile ange-

---

* Es findet sich beschrieben in Kastn. Arch. IX. 341; auch Schweigg. J. XLVII. 121, 364; auch mein Repert. der exp. Ph. I. 1467.

** Die Schweigger'schen Combinationen sind anderer Gattung. Es ist in diesem Werke nicht die Rede davon gewesen; aber in meinen galvanischen Maßbestimmungen wird man darauf bezogen finden.

nommene Grundansicht war, so haben diese Erscheinungen nichts, was nicht eine wenigstens mögliche Erklärung darin fände. Auch scheint es mir, daß diese Art, jene Kettenanordnungen zu deuten, mit Pohls eigner Erklärungsweise übereinstimme, nur daß er sie im Sinne und mit den Ausdrücken der dynamischen Grundansicht ausgesprochen hat, während wir überall die mechanische oder atomistische zu Grunde gelegt haben.

Der Kürze halber wird es zweckmäßig seyn, eine allgemeine, leicht faßliche Bezeichnungsart für die verschiedenen Kettenanordnungen zu wählen, die uns einer weitläuftigen Beschreibung durch Worte überhebt.

Als Beispiele derselben mögen folgende Combinationen dienen, nach denen man leicht die Bezeichnung der übrigen wird deuten können:

die erste Combination würde eine solche seyn, in welcher eine Zinkplatte mit zwei Kupferplatten und feuchten Leitern folgendermaßen geschichtet wäre:

1) Kupfer
   Feuchter Leiter
2) Kupfer
   Feuchter Leiter
   Zink,

und worin die Zinkplatte und das Kupfer 1) metallisch geschlossen sind *; es ist somit eine einfache Kette mit einer Kupferzwischenplatte.

Die zweite Combination würde folgende seyn:

1) Kupfer
   Feuchter Leiter
1) Zink
   Feuchter Leiter
2) Kupfer
   Feuchter Leiter
2) Zink

worin Kupfer 1) und Zink 2) metallisch geschlossen sind. Durch den überstehenden Pfeil ist jedenfalls die Richtung des Stroms im schließenden Draht angedeutet. Der Buchstabe f wird mit einem Verticalstrich vertauscht, wenn statt eines feuchten Leiters ein Nichtleiter eingeschoben wird. Diese Bezeichnungsart spricht somit durch sich selbst.

---

* Die Schließungen durch den Multiplicatordraht sind im Allg. durch oben stehende, die durch andere Drähte durch untenstehende Klammern angedeutet. Uebrigens wirkt begreiflich der Multiplicatordraht mit jedem andern schließenden Draht identisch.

Iſt bei übrigens gleichgehaltenen Umſtänden der Strom in einer Combination ſtärker, als in der andern, ſo werden wir dies durch das zwiſchengeſetzte Zeichen $<$ oder $>$ ausdrücken, ſo daß diejenige Combination den ſtärkern Strom hat, welcher die Oeffnung des Zeichens zugekehrt iſt.

I. $k^1 fk^2 fz < kfz$

II. $k^1 fk^2 fk^3 fz > k^1 fk^2 fk^3 fz$

III. $k^1 fk^2 fk^3 fz > k^1 fk^2 fk^3 fz$

IV.* $k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fk^5 fk^6 fk^7 fz > k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fk^5 fk^6 fk^7 fz$

V. $k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fk^5 fk^6 fk^7 fz$

VI. $k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fk^5 fk^6 fk^7 fz$

VII. $k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fz fk^5 fk^6 fk^7 > k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fz fk^5 fk^6 fk^7$

VIII. $k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fz fk^5 fk^6 fk^7 > k^1 fk^2 fk^3 fk^4 fz fk^5 fk^6 fk^7$

* Welche der Kupferzwiſchenplatten von k^1 bis k^7 auch durch den Multiplicatordrahte geſchloſſen werden mögen, während zugleich k^1 und z mit einander in Verbindung ſtehen; ſtets iſt die Ablenkung der Nadel ſtarker, als wenn dies k^1 und z in metalliſche Verbindung geſetzt wurden, und ſtets der Richtung nach entgegengeſetzt. Je näher die durch den Multiplicator geſchloſſenen Zwiſchenplatten k den äuſerſten Platten k^1 und z liegen, um ſo mehr wird die Ablenkung verſtärkt.

IX. $k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7 > k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7$

X. $k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7$

XI. $k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7$

XII. $k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7$

XIII. $k^1fk^2fk^3fk^4fzfk^5fk^6fk^7$

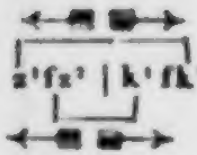
XIV. $zfk^1fk^2fk^3$

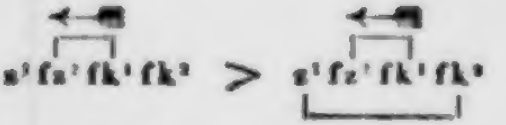
XV. $k^1fzfk^2fk^3fk^4fk^5$

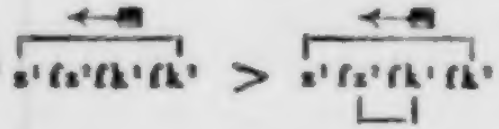
XVI. $k^1fk^2zfk^3$

XVII. $k^1fk^2fzfk^3$

XVIII. $k^1fz \mid k^2fk^3 < k^1fz^1 \mid k^2fz^2$

XIX.  (kein Strom.)

XX. 

XXI.* 

Nachträge.

Trockne Säulen. — Kämtz** hat nachgewiesen, daß sich wirksame trockne Säulen auch aus organischen Körpern, ohne alle Mitwirkung metallischer Körper, errichten lassen.

Zu diesem Zweck bereitete er aus den organischen Körpern möglichst concentrirte Lösungen oder rührte sie mit Wasser zu einem dünnen Brey an. Diese Lösungen wurden dann vermittelst eines Pinsels wiederholt auf dünnes Papier (Conceptpapier) gestrichen, so daß dieses von einer Schicht desselben bedeckt wurde, welche nach dem Trocknen deutlich wahrzunehmen war. War das Papier trocken, so wurden aus demselben Scheiben geschnitten und diese zu einer Säule aufgebaut, so daß, da nur die eine Seite bestrichen war, zwei ungleichartige Schichten allemal durch 2 Papierdicken getrennt waren. Die Elektricität der Pole dieser Säulen ward an einem Bohnenbergerschen Elektrometer geprüft. Solchergestalt zeigten sich

positiv.		negativ.
Natron	gegen	Hammeltalg.
Hefen	—	Rohrzucker.
Hefen	—	Kochsalz.

---

* Wenn man bei der zweiten dieser Combinationen z^2 und k^1 durch einen viel kürzern und dickern Draht schließt, als der Multiplicatordraht, durch welchen z^1 und k^1 verbunden werden, so kann die Ablenkung der Nadel selbst die entgegengesetzte werden von der, welche Statt hat, wenn z^2 und k^1 nicht verbunden werden. Dies Resultat und die Schwächung durch die Schließung zwischen z^2 und k^1 überhaupt erklärt sich leicht aus der Theilung des, von z^2 und k^1 aus erregten, Stroms zwischen zwei Wegen.

** Schweigg. J. LVI. 1.

positiv.		negativ.
Hefen	gegen	Milchzucker.
Leinöl	—	Zucker.
Leinöl	—	Weißes Wachs.
Stärkmehl	—	Gummi.
Gummi	—	Salep.
Gummi	—	Traganthschleim.
Gummi	—	Bärlappsaamen.
Eweiß	—	Gummi.
Eweiß	—	Ochsenblut.
Ochsenblut	—	Belladonnaextract.
Ochsenblut	—	Stärkmehl.

Apparat für thermoelektrische Wirkungen. — Ich habe gefunden, daß das S. 151 ff. beschriebene und in Fig. 27 u. 28 abgebildete Instrument vortrefflich dienen kann, thermoelektrische Ströme bemerklich zu machen und zu messen. Ein Apparat dieser Art, den ich mir seitdem habe verrichten lassen, bei welchem der Metallstreifen aus 1½ Lin. dickem Kupfer besteht, und die Quecksilbergefäße eine bequemere Anordnung haben als in der Figur, ist hinreichend empfindlich, daß, wenn das Quecksilber beider kleinen Gefäße durch einen starken Wismuth-Antimonbogen verbunden wird, dessen Löthstelle man durch die bloße Hand erwärmt, die Doppelnadel eine stehende Ablenkung von 80° bis 85° erreicht, also sich fast senkrecht auf die Richtung des Streifens stellt.

Chemische Wirkungen der Kette. Becquerel (Ann. de Ch. et de Phys. XLI. 26) hat neuerdings mittelst einfacher Kettenanordnungen sehr interessante chemische Wirkungen hervorgebracht. Ich will hier einen Auszug aus seinen Resultaten folgen lassen.

Becquerel bediente sich im Allgemeinen zweier Verfahrungsarten, deren erste eine Kettenanordnung mit zwei flüssigen, die andere mit zwei festen Körpern betrifft.

Man nimmt eine U förmig gebogene Röhre und füllt ihre Biegung mit zusammengeballtem Asbest (tampon d'amianthe) oder, was bei Weitem vorzuziehen ist, mit feuchtem Sand oder Thon *, woraus zuvor durch Salzsäure das Eisen ausgezogen ist, aus. In den einen Schenkel gieße man nun z. B. eine Auflösung von schwefelsaurem oder salpetersauren Kupfer, in den andern eine Kochsalz-

* Dieser Zwischenkörper hat zum Zweck, die schnelle Vereinigung der Flüssigkeiten, die in beide Schenkel gegossen werden, zu hindern. Becquerel führt folgendes Beispiel an, wie wirksam der Sand in dieser Hinsicht ist. Eine U förmig gebogene Röhre von 11 Zoll Höhe und 1, 8 Lin. Durchmesser wurde zur Hälfte mit feuchtem Sande angefüllt, dann in einen Schenkel ein Lackmus-Aufguß, in den andern Schwefelsäure gegossen. Mehr als drei Wochen vergingen, ohne daß man die geringste Veränderung in der Farbe des Lackmus bemerkte.

auflöſung und verbinde die Flüſſigkeiten beider Schenkel durch einen Kupferſtreifen. Das Ende, welches in die Metallauflöſung taucht, überzieht ſich allmälig mit Kupfer, am andern Ende ſetzt ſich eine Doppelchlorverbindung von Kupfer und Natrium (ſalzſaures Kupfer-Natron) in Tetraedern kryſtalliſirt ab.

Das andere Verfahren iſt einfacher. Man nimmt eine an einem Ende verſchloſſene Röhre und thut ein Oxyd, eine Flüſſigkeit und einen Metallſtreifen, der beide berühret, hinein. Es entſteht eine elektriſche Reaction durch dieſe zuſammengeſetzte Berührung, die gewöhnlich, wenn nämlich ſonſt die Bedingungen günſtig ſind, die Bildung einer neuen Verbindung zur Folge hat.

Folgendes ſind einige Beiſpiele von chemiſchen Reactionen, die Becquerel auf dieſem Wege bewerkſtelligt hat.

1) Man gieße in die, an einem Ende verſchloſſene, Röhre conc. Salzſäure, und tauche ein Silberblech hinein, welches mit einem Silberdraht an ein Stück Kohle oder Anthracit befeſtigt iſt, verſchließe darauf die Röhre und laſſe blos eine ganz kleine Oeffnung, um das ſich entbindende Gas entweichen zu laſſen. Die Salzſäure wird zerſetzt, das Chlor tritt an das Silber und bildet Chlorſilber, welches in Oktaedern, die langſam anwachſen, kryſtalliſirt; der Waſſerſtoff tritt mit Kohlenſtoff zu einer gasförmigen Verbindung zuſammen, welche entweicht, oder, wenn die Röhre ganz verſchloſſen wurde, ſie ſprengt.

Auf analoge Weiſe kann man Chlorkupfer darſtellen.

2) Man bringe in den einen Schenkel der unten mit feuchtem Sand oder Thon angefüllten U förmigen Röhre eine ſalpeterſaure Kupferauflöſung und Kupferdeutoxyd, in den andern eine Auflöſung des ſalzſauren Salzes, welches man dem Verſuche unterwerfen will; verbinde dann beide Schenkel durch einen Kupferſtreifen und ſchließe alle Oeffnungen mit Kitt. Bald überzieht ſich das Ende, welches in die Auflöſung des ſalpeterſauren Salzes taucht, mit metalliſchem Kupfer und es wird Salpeterſäure frei. Im andern Schenkel oxydirt ſich der Kupferſtreifen ſchnell; ein Antheil Chlor tritt an das gebildete Oxyd und bildet ein Oxychlorür, welches ſich mit dem ſalzſ. Salze oder Chlormetalle der Auflöſ. verbindet. Allmälig kryſtalliſirt dieſe Verbindung auf dem Streifen in ſchönen tetraedriſchen Kryſtallen; doch muß man, um ſie von 2 bis 3 Mill. Dicke zu erhalten, wenigſtens 1 Jahr warten. Dem Kupfer kann man auch Silber oder Blei ſubſtituiren, um die entſprechenden Verbindungen zu erhalten, und eben ſo kann man der Auflöſ. des ſalzſ. Salzes die Auflöſung bromwaſſerſtoffſaurer oder jodwaſſerſtoffſaurer Salze ſubſtituiren, um die entſprechenden Doppelverbindungen hervorzubringen.

3) Kryſtalle von Kupferoxydul (Protoxyd) laſſen ſich auf folgende Weiſe darſtellen. Man thut auf den Boden der an einem Ende verſchloſſenen Glasröhre Kupferoxyd (Deutoxyd), füllt die Röhre mit einer Auflöſ. von geſättigtem ſalpeterſ. Kupfer an, und

taucht dann einen Kupferſtreifen bis zur Berührung mit dem Oxyde hinein und verſchließt die Röhre hermetiſch. Nach Verlauf von ungefähr 10 Tagen bemerkt man auf dem Kupferſtreifen kleine kubiſche Kryſtalle von Metallglanz, welche das Oxyd ſind; während ſich das Kupferdeutoxyd allmälig in baſiſches ſalpeterſaures Kupfer verwandelt.

Ausführlicheres über dieſe Verſuche und einen dabei beobachteten Einfluß des Lichts auf die chemiſchen Reactionen ſ. in der Originalabhandlung.

Hinſichtlich zerlegender Verſuche über die an den Polen der Volta'ſchen Säule aus Waſſer entwickelten Gasarten, wodurch die Beimengung atmoſphäriſcher Luft ebenfalls dargethan wird, verdienen noch die Verſuche Biſchof's in Kaſtn. Arch. I. 196, erwähnt zu werden.

Ketten mit zwei flüſſigen Leitern. — Zu den S. 452 angeführten Reſultaten über die Strömungsrichtung in Ketten aus mehr als Einer Flüſſigkeit mit Platin ſind nachſtehende, neuerdings von Becquerel bekannt gemachte *, zu fügen, die ſich jedoch auf eine etwas complicirte Anordnung beziehen.

Die Ordnung der Subſtanzen in nachfolgenden Angaben iſt die, in welcher ſich die Subſtanzen in der Kette folgten, (die beiden Platinenden ſind durch den Multiplicator verbunden), und der Pfeil zeigt die Richtung der Strömung in der Flüſſigkeit an **.

←

(1)		(2)		(3)	(4)		
Plat.	Salpeterſ.	Waſſ.	Salpeterſ.	Salzſäure.	Waſſ.	Salpeterſ.	Plat.
—	—	—	—	Eſſigſäure.	—	—	—
—	—	—	—	Salpetrige S.	—	—	—
—	—	—	—	Alkaliſche Auflöſ.	—	—	—
—	—	—	—	Auflöſ. von ſalpeterſ., ſchwefelſ. ſalzſ. Salzen ꝛc.	—	—	—
—	Schwefelſ.	Waſſ.	Schwefelſ.	Salpeterſäure	Waſſ.	Schwefelſ.	—
—	Phosphorſ.	Waſſ.	Phosphorſ.	Salpeterſ.	Waſſ.	Phosphorſ.	—
—	—	—	—	Salzſäure	—	—	—
—	—	—	—	Schwefelſäure	—	—	—
—	—	—	—	Alkaliſche und Salzlöſungen	—	—	—

Becquerel hat auch mehrere Reſultate bekannt gemacht, welche ähnliche Ketten, als S. 457 nach Poggendorff beſchrieben ſind, betreffen.

---

* Ann. de Ch. et de Ph. XLI. 12.

** Die hetereogenen Flüſſigkeiten waren in Schalen enthalten, von denen (1) und (2) ſo wie (3) und (4) durch mit Waſſer gefüllte Heberröhren; (2) und (3) durch Aderbläſern communicirten.

Leitungsvermögen der Flüssigkeiten. — Pfaff* hat seine Versuche über das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten neuerdings wieder aufgenommen. Er verfuhr dabei so, daß er in die Kette eines einfachen Zink-Kupferpaares, welches sich in einem Troge mit Kochsalzauflösung befand, einen Multiplicator und eine Zelle brachte, in welcher die Flüssigkeit, deren Leitungsvermögen gemessen werden sollte, sich zwischen vergoldeten Messingplatten befand, so daß der Strom folgenden Weg zu durchlaufen hatte: Zink, Kochsalzlösung, Kupfer, Multiplicator, Gold, Flüssigkeit, Gold, Zink. Die Zelle mit den Goldflächen war stets zu gleicher Höhe mit der Flüssigkeit angefüllt, und ihr Leitungsvermögen wurde nach dem Grade der Ablenkung der Magnetnadel bestimmt, wenn sie nach mehrern Oscillationen zur Ruhe gekommen war. Die angewandten Salzauflösungen waren vollkommen gesättigt für die mittlere Temperatur, bei welcher experimentirt wurde.

Es muß in Bezug auf dieses Verfahren bemerkt werden, daß, wenn nicht nach jedem Versuche sowohl die Goldflächen als die erregenden Flächen wieder gereinigt oder durch eine hinreichende Berührung mit der Luft in ihren ersten Wirkungszustand versetzt wurden, worüber Pfaff nichts bemerkt, auf diesem Wege sich keine genau vergleichbaren Resultate erhalten ließen, wie ich mich durch hinreichende Versuche überzeugt habe. Da überdies die Grade der Ablenkung der Magnetnadel kein directes Maß für die Kraft geben können; und die Kraft nicht blos von dem Leitungsvermögen der Flüssigkeit in den vergoldeten Zellen allein abhängt, so können die nachfolgenden Zahlen jedenfalls blos zur annäherenden Angabe größerer oder geringerer Differenzen dienen, welches Pfaff selbst von ihnen bemerkt. Endlich muß auch hier bemerkt werden, daß die ganze Reihenfolge nicht für das eigenthümliche Leitungsvermögen der Flüssigkeiten, sondern für das, was ich S. 225 Leitungsvermögen in der Flüssigkeit genannt habe, gilt**.

Destillirtes Wasser	1.
Essigsaures Blei	3—4.
Salzsaures Blei	5.
Schwefelsaures Kali	5.
Salpeter	5.
Salzsaurer Kalk	5.
Schwefelsaures Natron	5.
Chlorsaures Kali	7.
Schwefelsaures Mangan	8.

* Schweigg. J. LV. 258.

** Das Interesse der Wahrheit fordert es, diese Bemerkungen zu machen, die nicht gegen den Beobachter gerichtet sind, denn diese Versuche sind unstreitig mit allen den Berücksichtigungen angestellt, welche die bisherige Ansicht über die Wirkungsverhältnisse der Kette als hinreichend erscheinen ließ.

Eſſigſaures Natron	10.
Brechweinſtein	10.
Borax	10.
Benzoeſaures Kali	10—11°.
Weinſteinſaures Kali	10.
Salzſaures Mangan	10—11°.
Kohlenſaures Kali und Natron	11.
Eſſigſaures Kali	12.
Eiſenvitriol	12.
Salpeterſaures Blei	12.
Kleeſaures Kali	13.
Ammoniakflüſſigkeit von 980 ſpec. Gew.	15.
Weinſteinſäure	15.
Salzſaures Zinnoxydul	20.
(in einem andern Verſuche nur	10.)
Alaun	20.
Kupfervitriol	20.
Zinkvitriol	22.
Verdünnte Phosphorſäure	23.
Starker Weineſſig	25.
Engliſche Schwefelſ. mit 4 Theilen Waſſer verdünnt	28.
Salpeterſaures Queckſilberoxyd	30.
Concentrirte engliſche Schwefelſäure (1848)	30—32.
Salpeterſaures Silber (nicht vollkommen geſättigt)	35.
Salmiak	
Verdünnte Salpeterſäure	42.
Salzſaures Eiſenoxyd	42.
Salzſaures Platin	45.
Verdünnte Salzſäure (1090)	50.

Weit mehr zu abſoluten Beſtimmungen, als die in voriger Tabelle enthaltenen, eignen ſich folgende, bei welchen beobachtet wurde, bis zu welcher Höhe verſchiedene Flüſſigkeiten zwiſchen den Goldplatten ſtehen mußten, um eine gleiche Wirkung auf die Magnetnadel zu äußern.

Zinkvitriol brachte bei einer 40mal geringern Höhe in der Zelle eine eben ſo ſtarke Wirkung als eſſigſaures und ſalzſaures Blei hervor.

Waſſer, welches $\frac{1}{200}$ Salmiack enthielt, zeigte ſich eben ſo wirkſam, als deſtillirtes Waſſer bei einer 30mal geringern Höhe und wirkte ungefähr eben ſo ſtark als Waſſer, welches $\frac{1}{200}$ Kochſalz enthielt.

Salzſäure wirkte eben ſo kräftig als Zinkvitriol bei einer 8mal geringern Höhe.

Ich ſelbſt habe noch während des Drucks dieſes Werkes durch Verſuchsreihen, von denen nachher beiſpielsweiſe einige folgen wer-

den, gefunden, daß der eigenthümliche Leitungswiderstand der Flüssigkeit, befreit von seiner Complication mit dem Widerstande des Uebergangs, in der That gänzlich unabhängig von der Beschaffenheit der erregenden Metallplatten ist, zwischen denen sich die Flüssigkeit befindet; mindestens habe ich dies für Brunnenwasser, salzsaures Wasser und Salmiakwasser in Bezug auf Plattenpaare aus Zink-Kupfer, Zink-Zinn und Zinn-Kupfer gefunden.

Ich habe überdies den eigenthümlichen Leitungswiderstand einiger Flüssigkeiten messend verglichen, und hiebei folgende Resultate gefunden, in welchen ich durch A einen Antheil Flüssigkeit ausdrücke, welcher $\frac{1}{10}$ Volumen des Wassers beträgt, dem die Flüssigkeit zugemischt ist.

In den ersten Zahlen-Columnen sind die Widerstände auf ein unbestimmte Einheit bezogen, wie sie direct aus meinen Versuchen hervorgehen; in der zweiten ist der Widerstand des Brunnenwassers gleich 1 gesetzt und der Widerstand der andern Flüssigkeiten auf die Einheit bezogen. Die angewandte Salzsäure war von 1,094 spec. Gew., die englische Schwefelsäure von 1,846 spec. Gew., die Salpetersäure von 1,144 spec. Gew., bei 15° R.; alle mithin (besonders die Schwefelsäure und Salpetersäure) schon an sich sehr stark verdünnt.

Eigenthümlicher Leitungswiderstand einiger Flüssigkeiten.

Brunnenwasser von 12°,5 R. Temp.			0,0561	1,000
„ „	mit 1 A verd. Salzsäure von	17° R.	0,00188	0,033
„ „	mit $\frac{1}{2}$ A „ „ „	13°,5 R.	0,00361	0,064
„ „	mit $\frac{1}{4}$ A „ „ „	14° R.	0,00635	0,113
„ „	mit $\frac{1}{8}$ A „ „ „	13°,5 R.	0,01070	0,191
„ „	mit $\frac{1}{16}$ A „ „ „	13° R.	0,02090	0,373
„ „	mit $\frac{1}{32}$ A „ „ „	13° R.	0,03240	0,578
„ „	mit $\frac{1}{64}$ A „ „ „	13°,5 R.	0,03790	0,676
„ „	mit $\frac{1}{4}$ A verd. Schwefels.	„ 12°,5 R.	0,00705	0,126
„ „	mit $\frac{1}{4}$ A verd. Salpeters.	„ 12°,5 R.	0,00762	0,136
„ „	mit 1 A conc. Salmiaklös.	„ 11° R.	0,00581	0,104

Man sieht hieraus z. B., daß die Zumischung von $\frac{1}{1111}$ Vol. Salzsäure, die noch obenhin mit etwas mehr als dem gleichen Gewicht Wasser verdünnt ist, zum Brunnenwasser dessen Leitungswiderstand im Verhältniß von 1000 zu 676 vermindert; die Zumischung von $\frac{1}{32}$ Vol. solcher Säure im Verhältniß von 1000 zu 33,5 u. s.

Wenn man die Werthe, welche den verschiedenen Antheil zugemischter Salzsäure entsprechen, vergleicht, so entdeckt man das Gesetz, daß der Widerstand des Brunnenwassers durch successive Zumischung gleicher Theile merklich um gleiche Verhältnisse abnimmt

In der That, wenn wir den Widerſtand des Brunnenwaſſers durch $\frac{100}{1810}$ ausdrücken, ſo werden wir für jede Zumiſchung von $\frac{1}{72}$ A Salzſäure dem Diviſor blos die Größe 852 zuzufügen brauchen *, um die Zahlen der Tabelle mit großer Annäherung wiederzuerhalten. Die Zuſammenſtellung der beobachteten mit den hienach berechneten Werthen iſt in folgender Tabelle enthalten:

	Beobachtete Werthe des Leitungswiderſtandes.	Berechnete Werthe des Leitungswiderſtandes.
Brunnenwaſſer	0,05610	0,05529
" " mit 1 A verd. Salzſäure	0,00188	0,00178
" " " $\frac{1}{2}$ A " "	0,00361	0,00343
" " " $\frac{1}{3}$ A " "	0,00635	0,00647
" " " $\frac{1}{4}$ A " "	0,01070	0,01150
" " " $\frac{1}{12}$ A " "	0,02090	0,01910
" " " $\frac{1}{17}$ A " "	0,03240	0,02820
" " " $\frac{1}{24}$ A " "	0,03790	0,03760

Die, beyd poſitiven, bald negativen Differenzen zwiſchen den beobachteten und berechneten Werthen, ſind von der Art, daß ſie bei dem zur Ausmittlung angewandten Verfahren den Irrthümern der Beobachtung, vielleicht ſelbſt zum Theil einer nicht völligen Vergleichbarkeit wegen Ungleichheit der Temperatur beigemeſſen werden können. Es iſt aber ſehr fraglich, ob dieſes Geſetz, was ſich für kleine Zumiſchungen ſo wohl beſtätigt, auch ſich für ſtärkere noch behauptet. Dieſe Unterſuchung läßt ſich nicht wohl mittelſt des Multiplicators vornehmen, weil der Widerſtand der Flüſſigkeit bei ſtärkerer Concentration derſelben bald merklich gegen den Widerſtand des Drahts verſchwindet, überdies die Oscillationen der Nadel zu ſchnell werden, um noch eine genaue Schätzung der Zeittheile zuzulaſſen **. Dagegen wird ſich der S. 151 beſchriebene Apparat zu dieſer Unterſuchung ſehr wohl eignen. Eben ſo wenig kann man a priori ſchließen, daß dieſes für kleine Zumiſchungen von Salzſäure beſtätigt gefundene Geſetz ſich auch für andere Flüſſigkeiten beſtätigen werde, und es bietet ſich hier noch ein ſchönes Feld für Unterſuchungen dar, zu denen ich leider bezweifle die erfoderliche Zeit gewinnen zu können.

* Mithin für $\frac{1}{72}$ A = $\frac{1}{72}$ A die Größe 1704 u. ſ. f.

** Doch würde hier vielleicht das Verfahren, ſtatt der Zeittheile die Oscillationen zu zählen, seine Anwendung finden können.

Physiologischer Galvanismus. — In Beziehung auf die Ansicht, daß die Nerven Leiter für strömende El. im Organismus sind, verdient den, S. 509 angeführten, Gründen als eine sehr wichtige Thatsache hinzugefügt zu werden, daß nach Versuchen von Beclard, die Beraudi neuerdings erweitert und bestätigt hat, eiserne Nadeln, die man in die Nerven lebender Thiere steckt, nach einiger Zeit (etwa ¼ Stunde) magnetisch herausgezogen werden *. Beraudi stellte diese Versuche am Cruralnerven ** von Kaninchen an. Die Magnetisirung erfolgte nicht, wenn die Nadeln unterhalb einer unterbundenen oder durchschnittenen Stelle des Nerven eingestochen wurden, oder wenn das Rückenmark durchschnitten wurde. Auch stand das magnetisirende Vermögen in einem genauen Verhältnisse zur Intensität der Respiration und davon abhängigen Blutcirculation, war sehr energisch beim Einblasen von Sauerstoffgas in die Lungen, schwächer bei Einblasen von Wasserstoffgas, ganz verschwunden bei Stickgas, welches zu beweisen scheint, daß die Gefäßthätigkeit in das Spiel der Erregung der organischen Elektricität wesentlich mit eingreift. (Fror. Not. XXV. 150.)

Es würde sehr interessant seyn, Versuche anzustellen, ob durch Nerven lebender Thiere eine Ablenkung der Nadel hervorgebracht werden könnte. Aber freilich, wenn wirklich in den Bewegungsnerven rücklaufende und auslaufende Fasern beisammen liegen (S. 506), könnte wenigstens bei diesen ein solcher Erfolg nicht erwartet werden.

Drei Versuchsreihen, welche die elektromotorische Kraft und die einzelnen Elemente des Leitungswiderstandes betreffen.

Ein Plattenpaar, auf den abgewandten Flächen gefirnißt, ward mittelst eines Multiplicators aus 20 Fuß langem übersilberten Kupferdraht, von welchem 16 par. Zoll ohne Bekleidung 2½ preuß. Gran wiegen, in einem langen Troge, in dessen Seitenfugen die Platten eingesetzt wurden, zur Kette geschlossen. Diese Schließung ward bei verschiedenen Abständen der Platten im Troge und bei verschiedenen Längen des schließenden Drahts wiederholt, indem dem Multiplicator successiv mehrere ihm gleiche Drahtlängen äußerlich hinzugefügt wurden. Die einfache Multiplicatorlänge heiße l, der einfache Abstand = 4,81 par. Lin. heiße d. Die erregende Oberfläche jeder Platte betrug 14¼ Quadratzoll. Die Flüssigkeit war Wasser mit $\frac{1}{20}$ Vol. Salzsäure von 1,096 spec. Gewicht. Vor jeder neuen Wiederholung der Schließung wurden die Platten frisch gescheuert, oder — ein Ver-

* In der That wird aus der Lehre vom Elektromagnetismus erhellen, daß elektrische Ströme ein magnetisirendes Vermögen besitzen.

** Der Seh- und Riechnerv zeigten keine magnetisirende Eigenschaft.

fahren, was hier in hohem Grade anwendbar war * — durch Herausziehen auf die S. 157 Anm. erörterte Weise wieder in ihren ersten Wirkungszustand versetzt. Zum Maße wurde blos die zu den ersten 4 Oscillationen erfoderliche Anzahl Zeittheile genommen (einige jedoch aus der doppelten Anzahl hergeleitet), wiewohl ich mich später überzeugt habe, daß ich ohne Nachtheil für den merklichen Isochronismus 8 bis 12 oder bei den stärksten Kräften selbst mehr Oscillationen hätte zum Maß anwenden können **. Die Zählung wurde mit dem Momente der Schließung, die ich stets mit dem Vorbeigehen der Nadel beim Faden (vergl. S. 153) coincidiren machte, begonnen. Die Bruchtheile von t sind durch möglichst sorgfältige Schätzung bestimmt, worin man bald eine gewisse Uebung erlangt. Die Kraft der Erde correspondirte 41,25t zu 4 Oscillationen. Keine beobachtete Zahl von t ist willkührlich abgeändert worden, aber bei II. eine aufgezeichnete Beobachtung weggelassen, die sich in allen Hinsichten vom Mittel entfernte.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten die Angabe der zu 4 Osc. von der Schließung an erfoderlichen Zeittheile, und zwar fast allenthalben wenigstens zwei Beobachtungen für jede Größe von d und l. Unterhalb des Strichs findet sich die, nach dem Mittel dieser Beobachtungen berechnete, Kraft.

---

* Ich habe bei den meisten der nachfolgenden Versuche durch eine oben angehängte ° die Beobachtungen bezeichnet, wo die Platten ganz frisch gereinigt wurden, durch ', '' u. s. f., wo sie durch Herausziehen in ihren ersten Wirkungszustand versetzt wurden, und zwar so, daß z. B. die oben angehängte ' eine Beobachtung bedeutet, bei der schon eine 5malige Schließung vorausgegangen war, ohne daß die Platten dazwischen neu gereinigt wurden. Man sieht, daß die mit Zahlen bezeichneten Beobachtungen mit denen, die mit ° bezeichnet sind, merklich übereinstimmen; und findet sonach in diesem Herausziehen eine große Erleichterung der Versuche. Ich will jedoch bemerken, daß mir bei Zinnkupfer dies Verfahren schien am wenigsten weit getrieben werden zu dürfen.

** In der That ist dieses zweckmäßig, denn bei sehr schnell vor sich gehenden Oscillationen wird die genaue Schätzung von Bruchtheilen schwierig und erhält gerade hier einen großen Einfluß auf das Resultat.

I.

Einkupfer*.

	2 d.	12 d.	27 d.
1 l.	4°. 4′ / 67,1	5,5° / 35,0	7°. 7′ / 21,2
3 l.	6′. 6° / 29,1	〃	8′ / 16,0
5 l.	8′. 7,5′. 7,75′. 7,5′ / 17,3	8′ / 16,0	8′ / 12,4
11 l.	10,5′. 10,5′ / 8,88	11′ / 8,00	11,66′. 12′ / 6,78
23,5 l.	14,66′. 14,75′ / 4,04	〃	15′. 15′ / 3,84
33,5 l.	16°. 16′ / 3,25	〃	17′. 17′ / 2,77
55 l.	19°. 19° / 2,02	〃	19,66′. 19,5° / 1,84

* Für die leeren Felder ist keine Beobachtung angestellt worden.

II.

Zinsfinn.

	2 d.	14 d.	27 d.
1 l.	5,25°. 5,25¹ / 38,5	7,12. 7,17 / 17,9	8,5°. 8,75¹ / 13,6
2 l.	6,83¹. 6,83° / 22,3	8,33. 8,5 / 14,8	9,66¹. 9,63¹ / 10,7
3 l.	7,75°. 7,87°. 8¹ / 16,8	9,33. 9,38 / 11,5	10,12°. 10,33¹ / 9,47
5 l.	9,75°. 9,75° / 10,4	10,87.10,5.10,87 / 8,43	"
11 l.	13,75¹. 13,66¹. 13,5° / 4,84	14. 14 / 4,56	14,66°. 14,75° / 4,14
23,5 l.	17,5°. 17,75°. 17,5¹¹. 17,5¹ / 2,44	17,67. 18 / 2,40	18,25. 18,33 / 2,25
33,5 l.	20¹. 20¹⁰. 19,75° / 1,74	20,33. 20 / 1,67	20,5¹². 20,33¹³ / 1,61
55 l.	23°. 23° / 1,06	23,25. 23,25 / 1,02	23,25. 23,33 / 0,972

III.
Zinnkupfer.

	2 d.	6 d.	14 d.	19 d.	27 d.
1 l.	5,75'. 5,75' / 31,9	6,5. 6,33. 6,66. 6,5 / 24,8	7,87. 7,87 / 10,4	8,5. 8. 8,63. 8,33 / 14,8	9,5. 9,5. / 11,06
2 l.	7,33'. 7,33' / 19,3	"	"	"	10 / 9,80
3 l.	8,75. 8,83 / 13,0	"	10 / 9,80	"	11,75 / 7,81
5 l.	10,5'. 10,5' / 8,88	"	"	"	12,75. 12,5 / 5,85
11 l.	14,87'. 14,37' / 4,10	"	"	"	"
23,5 l.	19'. 18,66'. 19 / 2,05	"	"	"	"
33,5 l.	20,83'. 20,83' / 1,51	"	"	"	"
55 l.	24'. 24' / 0,891	"	"	"	24,5. 24,5 / 0,814

Wie umſtändlich auch die Methode der hier angeführten drei Verſuchsreihen ſeyn mag, ſo iſt ſie doch an wichtigen Reſultaten, die man daraus ziehen kann, ſehr fruchtbar; denn ſie gewährt, wenn dieſe Verſuchsreihen mit analogen Verſuchsreihen bei abgeänderter Leitungsflüſſigkeit combinirt werden (was in meinen galvaniſchen Maßbeſtimmungen geſchehen wird), das Mittel

1) das Verhältniß des eigenthümlichen Widerſtandes eines flüſſigen Leiters zu dem eines feſten Leiters (des Multiplicatordrahts) zu beſtimmen;
2) den eigenthümlichen Widerſtand flüſſiger Leiter unter einander zu vergleichen, und zu beſtimmen, ob er von der Beſchaffenheit der Metalle, mit denen die Flüſſigkeit combinirt wird, abhängt;
3) den Widerſtand des Uebergangs, wie er unmittelbar zu Anfang der Schließung vorhanden iſt, zu beſtimmen;
4) die elektrometoriſche Kraft verſchiedener Plattenpaare zu vergleichen und zu beſtimmen, ob ſie von der Beſchaffenheit der Flüſſigkeit abhängig iſt.

Zugleich geben dieſe Verſuchsreihen Beſtätigungen der Geſetze, daß der Widerſtand der flüſſigen ſowohl als feſten Leiter wirklich direct der Strecke derſelben proportional iſt *.

In der That, berechnet man die angegebenen Verſuchsreihen nach der Formel

$$\frac{A}{nd + ml + w}$$

wo A von der elektromotoriſchen Kraft, d von dem eigenthümlichen Widerſtande der Flüſſigkeit, l von dem eigenthümlichen Widerſtande des Drahts, w von dem Widerſtande des Uebergangs abhängt, n und m aber die von den Dimenſionen der flüſſigen und feſten Leiter abhängigen Coefficienten ſind, ſo erhält man für die drei Verſuchsreihen durch Combinirung je zweier (durch die vorgeſetzten, den angewandten Drahtlängen correſpondirenden, Zahlen angedeuteten) Beobachtungen folgende Werthe für $\frac{1l}{A}$

* Ueberhaupt hat man nur nöthig, um alle bei einer Kette in Betracht kommenden Elemente zu finden, den Widerſtand der Flüſſigkeit und des Schließungsbogens in bekannten Verhältniſſen abzuändern.

Werthe von $\frac{11}{A}$

für Zinkkupfer.		für Zinkzinn.		für Zinnkupfer.	
bei 24.		bei 24.		bei 24.	
1/5	0,00981	1/3	0,0167	1/3	0,0228
3/11	0,01080	2/5	0,0171	2/5	0,0203
5/23,5	0,01030	3/11	0,0184	3/11	0,0210
11/33,5	0,00866	5/23,5	0,0170	5/23,5	0,0203
23,5/55	0,00786	11/33,5	0,0165	11/33,5	0,0186
33,5/1	0,00900	23,5/55	0,0171	23,5/55	0,0201
55/3	0,00887	33,5/1	0,0170	33,5/1	0,0194
Mittel ...	0,00933	55/2	0,0169	55/1	0,0204
		Mittel ...	0,0171	Mittel ..	0,0203
bei 12d.		bei 12d.		bei 12d.	
1/5	0,00853	1/3	0,0155	1/3	0,0209
1/11	0,00964	2/5	0,0170	bei 27d.	
5/11	0,01042	3/11	0,0165	1/3	0,0205
Mittel ...	0,00953	5/23,5	0,0161	3/5	0,0197
bei 27d.		11/33,5	0,0169	5/55	0,0211
1/5	0,00838	23,5/55	0,0178	55/1	0,0209
3/11	0,01063	33,5/1	0,0166	Mittel ..	0,0206
5/23,5	0,00972	55/2	0,0178	Gesammt-	
11/33,5	0,00948	Mittel ...	0,0168	mittel ..	0,0204
23,5/55	0,00897	bei 27d.			
33,5/1	0,00966	1/3	0,0161		
55/3	0,00925	2/23,5	0,0164		
Mittel ...	0,00944	3/11	0,0177		
Gesammt-		11/33,5	0,0166		
mittel ..	0,00941	23,5/55	0,0185		
		33,5/1	0,0168		
		55/2	0,0179		
		Mittel ...	0,0171		
		Gesammt-			
		mittel ..	0,0170		

Es erhellt aus vorstehender Tabelle, daß die Werthe von $\frac{11}{A}$, nach obiger Formel berechnet, wirklich merklich constant ausfallen. Setzt man $l = 1$, so wird A, aus den Gesammtmitteln berechnet

für Zinkkupfer	für Zinkzinn	für Zinnkupfer
12,63	5,85	4,90

Hiemit hoffe ich die erste genaue Bestätigung gegeben zu haben, daß der elektromotorische Abstand zweier Metalle der Summe der elektromotorischen Abstände der Zwischenglieder in der Spannungsreihe gleich ist; denn 5,85 + 4,90 = 10,75. Hiebei muß ich bemerken, daß Zink und Kupfer käuflich waren, und das Zinn von der Art, wie es die Orgelbauer gebrauchen, also mit Blei versetzt. Man wird also das Absolute der obigen Bestimmungen nicht auf reine Metalle, die ich, wenn ich mir sie werde verschaffen können, nicht unterlassen werde, gleichen Versuchen zu unterwerfen, übertragen dürfen.

Analoge, als die hier angestellten Versuchsreihen, haben mich jedoch zu Resultaten geführt, die für die Theorie noch wichtiger seyn dürften; denn sie zeigen, daß die Werthe von A unabhängig von der Beschaffenheit der Leitungsflüssigkeit sind, mit denen die Metalle combinirt werden. So waren die Werthe von A für Zinkzinn bei allen den, S. 552 angegebenen, Verdünnungsgraden der Salzsäure, bei Salpetersäure, Schwefelsäure, so wie in Salmiackwasser merklich die nämlichen; dieselbe Uebereinstimmung habe ich bei Zinn-Kupfer zwischen Brunnenwasser und salzs. Wasser, ferner bei Zink-Kupfer zwischen salzs. Wasser und Salmiackwasser gefunden. — Allein — und dies ist ein höchst bemerkenswerther Umstand — in der Regel sieht man in Brunnenwasser die Werthe von A bei verschiedenen Leitungswiderständen nicht durchgehends constant ausfallen, sondern auf Werthe von Multiplis und Submultiplis überspringen, und zwar im Allgemeinen geringere, wie es scheint, ebenfalls nach Multiplis oder Submultiplis geringere, Werthe zeigen, als in dem sauren oder salzigen Wasser, wiewohl ich erwähntermaßen auch hier bei Zinnkupfer Uebereinstimmung gefunden habe, so daß die Beschaffenheit der Flüssigkeit höchstens disponiren kann, verschiedene Werthe der elektromotorischen Kraft hervorzubringen. Gar nicht selten ist es mir sogar in Brunnenwasser begegnet, daß ich bei Wiederholung derselben Beobachtung bei demselben Leitungswiderstande, und überhaupt unter scheinbar denselben Umständen, fast successiv hinter einander, zwei ganz verschiedene Werthe der Kraft erhielt, die, mit den andern Beobachtungen combinirt, ebenfalls auf einen solchen Sprung in der elektromotorischen Kraft deuteten.

Schon S. 184 und 208 Anm. habe ich dergleichen Beobachtungen, von denen ich noch durchaus nicht weiß, aus welchem Gesichtspuncte sie zu betrachten sind, angedeutet; allein ich hatte damals für die Sprünge, gleich beim Eintritt der Platten in die Kette, noch keineswegs die vielfachen Belege, in deren Besitz ich jetzt bin, deren Anführung ich jedoch auf meine galvanischen Maßbestimmungen versparr. Ich erinnere hier nur noch, daß eben dergleichen Sprünge sich auch im Laufe des Geschlossenseyns der Kette von selbst ereignen, und namentlich scheint bald nach der Schließung ein solcher einzu-

treten. Ich hoffe, daß man nicht über dieſe Beobachtungen abſprechen wird, bevor man durch Wiederholung derſelben ſein Urtheil darüber geſichert hat.

Ich habe früher geſagt, daß man durch Vergleichung zweier Ketten aus verſchiedenen Metallen bei demſelben Leitungswiderſtande nicht vermöge, das elektromotoriſche Verhältniß dieſer Metalle nach den ganzen beobachteten Kraftwerthen zu beſtimmen. Dieſe Bemerkung bezog ſich auf Ketten in Brunnenwaſſer, in denen der Einfluß der eben betrachteten Sprünge hervorgetreten war, und nur ſolche hatte ich damals verglichen. Durch die Anſicht der vorigen, in ſalzſaurem Waſſer geſchloſſenen, Ketten erkennt man jedoch, daß ſchon die Summe der, den einzelnen Beobachtungen für Zinnkupfer und Zinnzink correſpondirenden, Werthe der ganzen Stromkraft jeder entſprechenden einzelnen Kraft für Zinkkupfer nahe gleich iſt, wie folgende Zuſammenſtellung lehrt.

Beobachtete Werthe für Zinkkupfer.	Correſpondirende ſummirte Werthe für Zinkkupfer und Zinkzinn.
67,1	70,4
29,1	29,8
21,2	24,7
17,3	19,3
16,0	17,1
8,85	8,88
4,04	4,40
3,25	3,25
2,02	1,95
1,84	1,79
Mittel 170,70	181,66

Die Uebereinſtimmung wird, wie man ſieht, faſt vollkommen bei den Werthen, die für einen höhern Leitungswiderſtand beobachtet worden ſind, minder vollkommen für die bei einem geringern Widerſtande, was theils daher rühren kann, daß hier Irrthümer der Beobachtung leichter möglich werden und mehr Einfluß gewinnen, theils daher, daß vielleicht der Widerſtand des Uebergangs für die verſchiedenen Metallpaare nicht zu Anfange ganz gleich iſt, welcher Widerſtand bei dem hohen Leitungswiderſtande, der durch Draht und Flüſſigkeit in die Kette gebracht wird, merklich dagegen verſchwindet; endlich war auch die Temperatur der Leitungsflüſſigkeit nicht ganz gleich bei allen drei Verſuchsreihen, bei Zinkkupfer nämlich = 15° R., bei Zinkzinn = 17° R., bei Zinnkupfer = 14° R. — Der Einfluß der Temperatur ſcheint aber keineswegs zu vernachläſſigen bei dieſen Verſuchen, mindeſtens habe ich öfters in Brunnenwaſſer bei

wärmerer Witterung ſehr merklich ſtärkere Werthe für dieſelben Ketten beobachtet, als bei kälterer; ich weiß jedoch nicht, ob dieſer Einfluß mehr den eigenthümlichen Widerſtand der Flüſſigkeit oder den des Uebergangs betrifft.

Berechnen wir jetzt die Werthe von $\frac{d}{A}$ für die drei Plattenpaare, ſo erhalten wir folgende Beſtimmungen dafür.

Werthe von $\frac{d}{A}$

für Zinkkupfer.		für Zinkzinn.		für Zinnkupfer.	
bei 11	0,00129	bei 11	0,00188	bei 11.	
bei 31	0,00112	bei 21	0,00194	2/14	0,00247
bei 51	0,00091	bei 31	0,00183	6/19	0,00209
Mittel ..	0,00111	bei 51	0,00188	14/27	0,00223
		Mittel ..	0,00188	2/19	0,00213
				6/27	0,00236
				bei 21.	
				2/27	0,00218
				2/14	0,00204
				14/27	0,00233
				bei 51.	
				2/27	0,00224
				Mittel ..	0,00221

Bleiben wir zuvörderſt bei den, aus ſehr nahe übereinſtimmenden Werthen abgeleiteten Mitteln der Größe $\frac{d}{A}$ für Zinkzinn und Zinnkupfer ſtehen, ſo ergiebt ſich, wenn wir ſie mit den zuvor beſtimmten entſprechenden Werthen von $\frac{1}{A}$ vergleichen, daß das Verhältniß von d : l bei Zinkzinn = 9,04, bei Zinnkupfer = 9,23 iſt, welche Verhältniſſe nahe genug übereinſtimmen, um für äquivalent genommen zu werden. Bei Zinkkupfer ſtimmen die einzelnen Werthe, aus denen das Mittel abgeleitet iſt, weil die Schwierigkeit der genauen Meſſung wegen Schnelligkeit der Oſcillationen ſehr groß wird, nicht nahe genug überein, um das Mittel als genau anſehen zu können; doch fällt der geſoderte Werth zwiſchen die Extreme der beobachteten,

und ich habe mich von dem Umstande, daß wirklich der eigenthümliche Leitungswiderstand für verdünnte Salzsäure sowohl als Salmiacklösung für Zinkkupfer derselbe als Zinkzinn ist, durch andere Versuchsreihen bei andern Verdünnungsgraden überzeugt, die ich in meinen galvanischen Maßbestimmungen anführen werde.

Die vorstehenden Versuchsreihen enthalten eigentlich auch die Elemente zur Bestimmung des Uebergangswiderstandes, wie er gleich zu Anfang der Schließung Statt findet, indem man nämlich vom Gesammtwiderstande den Widerstand des Drahts und der Flüssigkeit, wie er sich aus dem Vorigen ergiebt, abzieht. Indeß muß bemerkt werden, einerseits, daß auf diese Art der ganze undividirte Irrthum der Beobachtung auf die einzelnen Werthe des Uebergangswiderstandes fällt, welcher Irrthum in Verhältniß zu diesem Widerstande in dem Maße bedeutender werden muß, je höhere Werthe der Gesammtwiderstand bei der Beobachtung hatte (daher die Beobachtungen mit hohem Werthe desselben ganz untauglich zur Herleitung desselben werden), so daß man keine so genau übereinstimmenden Werthe dafür zu finden erwarten darf, als für die Werthe von l und d. Andrerseits scheint es, daß der Uebergangswiderstand verschiedene Werthe annehmen kann, was ich jedoch noch keineswegs für ausgemacht erklären will.

Es mögen als Beispiel hier diejenigen Werthe stehen, welche man für $\frac{w}{A}$ bei dem Zinnkupferpaare erhält.

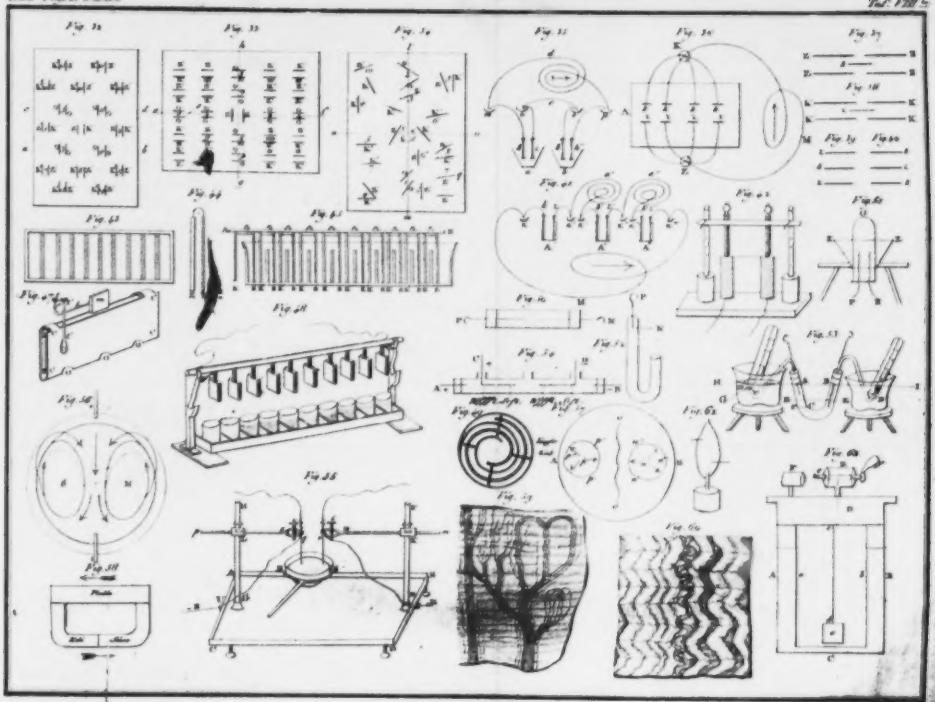
Werthe von $\frac{w}{A}$, berechnet für $\frac{d}{A} = 0{,}00221$ und $\frac{l}{A} = 0{,}0204$.

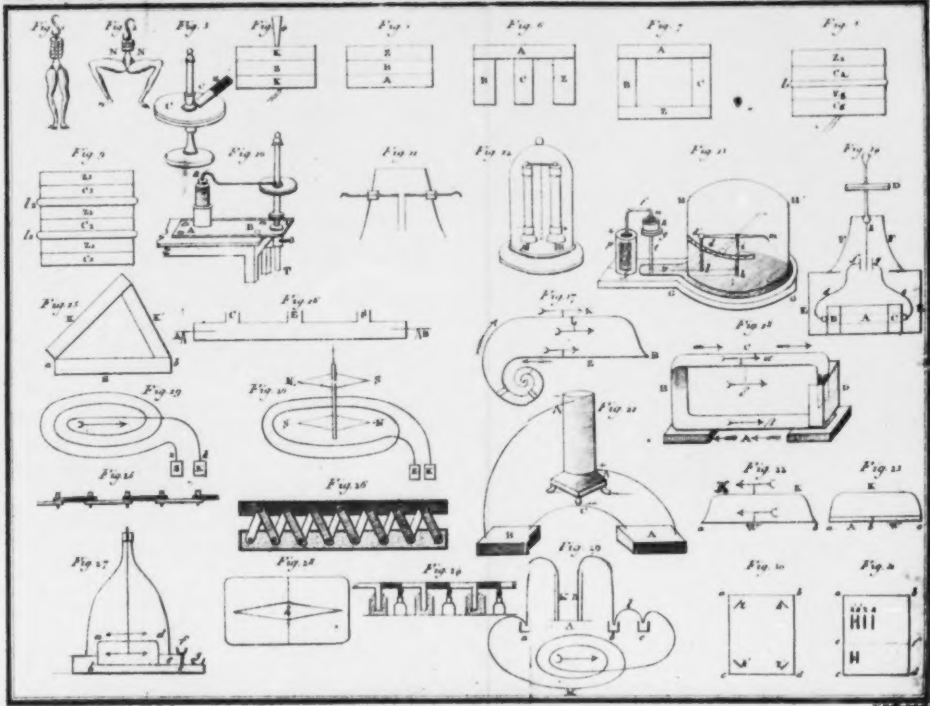
	2d	6d	14d	19d	27d
bei 1l	0,00625	0,00666	0,00967	0,00594	0,01003
„ 2l	0,00655	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,00071
„ 3l	0,01132	. . . . .	0,00911	. . . . .	0,01041
„ 5l	0,00621	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,00892
„ 11l	0,01490	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
„ 23,5l	0,00429	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
„ 33,5l	0,01520	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
„ 55l	0,05930	. . . . .	. . . . .	. . . . .	0,04850

Es erhellt, daß die Werthe von $\frac{w}{A}$ für die Beobachtungen bis 51 nahe zu zwei Mitteln, nämlich 0,00632 und 0,00991 zusammenstimmen, mit Weglassung der Beobachtung von 21 27 d. Bei höhern Leitungswiderständen weichen die Werthe gänzlich von einander ab, wie nicht anders zu erwarten stand.

Berichtigungen.

Seite 11 Zeile 5 v. o. nach sind [illegible] Schweigger einzuschalten.
„ 23 „ 2 v. o. ist Durchmesser wegzulassen.
„ 49 nach Zeile 16 v. o. fehlt Sechstes Capitel.
„ 243 Zeile 5 und 6 v. u. statt: in der einen Zelle lies: in den einen Zellen.
„ 288 „ 5 v. u. statt: Zinnkupfer lies: Zinkkupfer.
„ 287 in der Tabelle Spalte 2 statt: 20 Osc. lies: Erdkraft = 164 t zu 20 Osc.
„ 291 in der Spalte 1 Min. fehlt einmal 37 vor 38.
„ 292 Zeile 11 v. o. statt: 36 + lies: 36 —
„ 294 „ 8 v. u. statt: 3,5 lies: 3,06
„ 350 „ 9 v. u. statt: Pacchioni lies: Pachiani.
„ 385 „ 8 v. o. statt: Zweiunddreißigstes lies: Dreiunddreißigstes.





Räthselbüchlein

von

Dr. Mises.

BERLIN

Leipzig,
Otto Wigand's Verlag.
1850.

Vorwort.

Das vorliegende Büchlein enthält eine Sammlung der Räthsel und Charaden, welche in meinen „Gedichten", in mehren Jahrgängen (1816, 1817, 1819 und 1850) von Nieritz Volkskalender und in der Brockhausschen illustrirten Jugendzeitung (1817 und 1818) von mir erschienen sind, vermehrt um einige neue. Zuerst geselliges Spiel, dann die Muße einer langen Krankheit, welche ernstere Beschäftigungen ausschloß, endlich eine Art Gewöhnung

an dieſe leichte Selbſtunterhaltung hat den Stoff zu dieſem Büchlein anwachſen laſſen. Möchte ſein Gebrauch eben ſo dienen, Dieſem und Jenem beſſere Stunden auf eine leichte Weiſe zu verkürzen, als mir die Abfaſſung deſſelben für manche ſchlimme Stunde dieſen Dienſt geleiſtet hat. Da eine Ordnung der Aufgaben nach der Verwandtſchaft des Stoffs dem Zwecke widerſprochen haben würde, ſo hat einfach ihre Länge gedient, die Reihenfolge zu beſtimmen.

1.

Ich bin eine Mutter nach alter Sitte,
Still waltend in der Kinder Mitte.
Zwar brummig oft, wenn heiß mein Blut,
Doch weiß man ja, ich mein' es gut.

Nicht schlank zu nennen ist mein Leibchen,
Doch halt' ich auf ein zierlich Häubchen,
Und steh' mit eingestemmtem Arm
Stets würdig da im Kinderschwarm.

In Weiß nur pfleg' ich zu erscheinen
Und so auch meistens meine Kleinen;
Hat eins Geblümle auf dem Weiß,
So denkt es schon, es hat den Preis.

So war's die Sitte bei den Alten,
Jetzt freilich will sie nicht mehr halten;
Jetzt will man haben goldnen Glanz
Und allerlei bunten Zuckerkranz.

Der Kleinen Frühstück zu besorgen
Ist mein Geschäft gleich früh am Morgen,
Zuvor hätt' ich ja keine Ruh',
Dabei nun geht es also zu.

Mein Morgenlied erst summ' ich leise,
So lang es still noch rings im Kreise,
Allein bald wird es laut um mich,
Das kleine Völkchen rühret sich.

Seht, wie sie um mich sich'n und zimpern
Und mit den kleinen Löffeln klimpern!
Sie sperren Alle auf den Mund;
Der Appetit ist bei Allen gesund.

Doch eh' sie etwas von mir erhaschen,
Gilt's erst, zu seh'n, ob sie rein gewaschen,
Und sähe Eins nicht ganz reinlich aus,
So muß es wieder zur Thür hinaus.

D'rauf fang' ich an, den Kleinen zu winken,
Geb' Allen nach gleichem Maß zu trinken,
Ein Korb mit Brötchen steht nebenan
Und ein Maulkorb ist Keinem angethan.

Doch kaum, daß ich Jedes versorgt im Haufen,
Kommt Eins nach dem Andern schon wieder gelaufen,
Sie tranken doch Alle, sie konnten nicht mehr,
Aber solche Mägen sind gleich wieder leer.

Dazu gibt's mit den Löffeln ein Klappern,
Ein Schlürfen, Summen, Raſcheln und Plappern,
Daß, wer dem Allen ein Ohr wollte leihn,
Nicht klug möchte bleiben oder ſein.

Und weil mir ja ſelber gewachſen ein Schnabel,
So trag' ich das Meinige bei zu dem Babel,
Zuweilen wird mir's dabei zu heiß;
Dann lüft' ich wohl mein Häubchen weiß.

Die Kleinen lieben ein ſüßes Schlückchen,
Drum laſſ' ich ihnen ein Zuckerſtückchen
Zum Tranke nehmen mit in den Mund;
Er nährt ja auch und iſt geſund.

So geht es her an jedem Morgen,
Nichts ſag' ich von des Tages Sorgen,
Und alle Sorge, alle Müh'
Iſt nicht für mich, iſt nur für ſie.

Doch dafür hängen an mir die Kleinen,
Ich ſchlafe und wache mit den Meinen;
Und wenn meine Hülle einſt zerbricht,
Eine gleiche Mutter finden ſie nicht.

2.

Halb wie Hufſchlag klingt's und halb wie Tritte von Männern,
Jetzt wie Leiergetön, wieder wie Flügelgerauſch.
Naht eine feſtliche Schaar? Es iſt ein einziges Roß nur,
Das ſich ſelber zum Gang ſchlägt mit den Flügeln Muſik.
Jetzo geht es im Schritt, im Trab, dann wieder im Fluge,
Immer nach eigener Luſt, nimmer nach eigenem Ziel;
Denn es lenket das Roß ein hochgewaltiger Reiter,
Ohne zu zügeln den Gang, ſicherem Ziele doch zu.
Wer den Blick nicht erhebt, der ſchaut vom Ritt nur die Füße,
Viere wechſelnd im Takt, zween im ſicheren Sitz;
Höret tönen den Huf und ſtehet und lauſchet und ſtaunet,
Ahnend, ein Mächtiges ſei's, was ihm betäubet das Ohr.
Aber weß Auge begegnet dem Auge des reitenden Geiſtes,
Den erfaßt er ſogleich, führet im Ritt ihn dahin.
Raſtlos gehet der Lauf durch Schlachtengedräng, über Meere,
Furchtlos ſchwimmet das Roß, purpurn erglänzet die Fluth;
Jetzt hinan zum Olymp erhebt es die rauſchenden Flügel,
Von dem ambroſiſchen Mahl fahren die Himmliſchen auf.
Donnernd erhebt ſich Zeus und winkt mit den mächtigen Brauen,
Daß die Erde erſchrickt, daß der Olympos erbebt.
Aber entgegen donnert das Roß und ſchlägt mit den Flügeln.
Mächtig wächſt ihm der Muth, wenn ihm ein Mächtiges naht.

Nieder zum Acheron dann sich stürzt's mit gewaltigem Sprunge.
Da erbrauset die Fluth, Strahlen durchschießen die Nacht.
Aber der Reiter ergreift die Himmlischen alle und Schatten,
Reißt sie mit sich dahin auf dem geflügelten Ritt.
So Jahrhunderte lang vertrieb sich der Reiter die Weile,
Keinem Gefährten gesellt, mit dem gewaltigen Spiel;
Denn nur Spielzeug sind die Götter und Menschen ihm alle,
Spielend wirft er sie hin, wie er sie spielend ergriff.
Aber ein einziger Gott bezwingt ihn selber im Spiele;
Eros, der mächtige ist's, welcher ihn trifft mit dem Pfeil.
Ruhig wandelt er nun, das Roß geleitend am Zügel,
Strafend den raschen Schritt, neben der lieblichsten Frau.
Sorglich ein Jedes mißt den Schritt nach dem Schritte des Andern,
Anmuth sahst du und Kraft nimmer so traulich gesellt.
Niemals geht sie allein, nicht wär' es geziemend dem Weibe,
Aber an seiner Hand gerne betritt sie die Flur.
Zarter ist sie gebaut und auch nach anderm Verhältniß,
Mit dem holdesten Reiz gürtet ein Band ihr den Leib.
Fünf der Füße nur mißt, was sechs bei ihm hat gemessen,
Wie so anmuthvoll schaut sie zum Höheren auf!
Da vergißt er der Schlachten, des Styx und auch des Olympos,
Traulches Wechselgespräch kürzet die Länge des Wegs;
Eins an's Andre geschmiegt durchwandeln sie grünende Auen,
Hin an dem rieselnden Bach, wo die Schalmeie erklingt,
Hüben ein Schäfer klagt, weil drüben die Schäferin geht,
Und der Epheu grünt an dem verfallenen Schloß.

Aber Verſtändiges auch und Heiteres mag ſie erfreuen.
Grazien kommen und Scherz, bieten voll Blumen den Korb.
Und ſie faſſen ihn an und reichen ihn rings in die Runde,
Jeder lange ſich zu, wer ſich an Blühendem freut.
Nach dem Röslein wohl, dem niedlichſten, wollteſt du langen,
Hi, da ſtach dich ein Dorn, beide belachen ſie's nun.
Alſo gehn ſie zuſammen in Roſen und Scherzen und Plaudern,
Aber das letzte Wort hatte die Liebliche ſtets.
Selber geſtehts ſie's ja, ſie gingen jetzt eben vorüber,
Heiter beſprechend ſich über den eigenen Bund.

3.

Zuerſt vom erſten Paare:
Das iſt ein kleiner Mann,
Der Künſte wunderbare
Und tauſendfält'ge kann;
Nichts giebt es zu beſtellen,
Wenn er nicht gewandt,
Und ein paar Spießgeſellen
Sind ſtets dabei zur Hand.

Es fiedelt, wollt ihr tanzen,
Hilft überall im Haus,
Schreibt Verse, tödtet Wanzen,
Reibt Flecken sorgsam aus,
Doch giebt auch viel zu klagen,
Es ist ein Mausethier,
Liebt, Schnippchen euch zu schlagen,
Und hat das Lecken lieb.

Ihr könnt es euch kaum denken,
Wie schmiegsam, biegsam, rasch
Das Männlein von Gelenken,
Das geht euch husch und hasch!
Jetzt buckt und duckt, versteckt sich's,
Scheint jetzt verschwunden ganz,
Dann wieder reckt und streckt sich's,
Steht da als langer Hans.

Zuweilen, nicht zu frieren,
Zieht ihr's wohl eingepackt;
Doch besser sich zu rühren,
So geht es lieber nackt,
Und wenn es sich will schmücken,
Wem fiele denn dies ein?
— es auf dem Rücken
Ein großen Stein.

Der dritten Sylbe wegen
Bemüht jetzt euern Witz:
Ein Dach ist's gegen Regen
Und Sonne jedem nütz.
Die Bodenkammer drunter
Enthält bald dies, bald das;
Ist Stroh und alten Plunder,
Dann Schad' um den Gelaß!

Ist Sachen sind's gar feine,
Salz, guter Spiritus,
Rosinen, große, kleine,
Auch manche harte Nuß;
Ist sind's nur Kraut und Rüben,
Ist gar ist Alles leer —
Man kann das Dach verschieben
Und rücken kreuz und quer.

Zum Ganzen nach den Stückeln:
Der ersten Sylben Schelm,
Will man den Kopf ihm prickeln,
Setzt gern es auf als Helm.
Dann zwischen Lanzenspitzen
Sich regt er ungescheut;
Will nur das Helmlein sitzen,
So thun sie ihm kein Leid.

4.

Entflammt bin ich dem Morgenlande,
Nicht fern vom heißen Wüsten-Sande
Geboren in der Sonne Glut,
Davon ward selbst mir braun der Muth,
Die Sonne ist meine Verwandte.

Nichts mochte meinem Glücke fehlen,
Man ließ mich reiten auf Kameelen,
Rasch hielt ich unter gutem Zelt,
Die schönsten Mädchen von der Welt
Wohl hört' ich da erzählen.

Einst packt man mich am Meeresstrande,
Verkauft mich auch in ferne Lande,
Nun muß der freien Wüste Sohn
Sich fügen in des Hausdienst's Frohn,
Doch dien' ich nicht mit Schande.

Kaum aufgewacht und noch im Bette
Ruft alles schon mich um die Wette,
Der Herr, die Frau, die Diener gar,
Es scheint das Haus sei in Gefahr,
Bin ich nicht gleich zur Stätte.

Man weiß es, man kann auf mich zählen,
Was auch und wem auch was mag fehlen,
Ich bin's, den man zuerst entbot,
Und ist nicht gar zu groß die Noth,
Wird nicht mein Beistand fehlen.

Will Müdigkeit den Hausherrn plagen,
Liegt's ihm im Kopfe oder Magen,
Ich zaubre alles weg im Nu;
Der Hausarzt nur sieht scheel dazu,
Und räth, mich fortzujagen.

Der zählt mich zu den größten Sündern,
Zum Vorwurf macht er mich den Kindern,
Und meistens hat die junge Brut
Von selber zu mir keinen Muth;
Mein Ernst mag es verhindern.

Ich überbiete seine Pillen,
Ich tödt' im Hause alle Grillen
Und geh' der ganzen Dienerschaft
Zur Hand mit meiner guten Kraft,
Oft ruft man mich im Stillen.

Die Hausfrau aber hat vor allen
Am schönen Mohren Wohlgefallen,
Sie selbst gesteht es ungescheut;
Nur muß ein weißes Oberkleid
Mein nacktes Schwarz umwallen.

Wohl alle Frauen möchten haben
Zu ihrem Dienst solch weißen Raben,
Nur leider Vieler Wunsch ist blind
Weil ihnen gar zu theuer sind
Die ächten Mohrenknaben.

Doch eine Frau gibt nichts verloren!
Was thut's denn, wo ein Mohr geboren?
Traun alle Tölpel von dem Land,
Die schwarz aussehn und recht verbrannt,
Steh'n nun im Dienst als Mohren

Doch ihre Dienste sind nur schlechte,
Ich bin allein der Mohr, der ächte,
Der in sich trägt viel edler Blut
Und bess're Kraft und besseren Muth,
Als alle jene Knechte.

5.

Ein Zauberer bin ich, der zum Lichte
Geboren ward aus dunklem Schacht,
Meist königlich ist mein Gesichte,
Von lichtem Silber meine Pracht,
Und kaum giebt's höheres Entzücken,
Als was man schöpft aus meinen Blicken.

Ich wandr' umher im ganzen Lande,
Da läuft mir Alles hinterdrein;
Der Bettler, wie der Mann von Stande,
Sie rufen Alle mich herein,
Und der, für den ich mich entscheide,
Wird gleich verfolgt von Aller Neide.

Doch lange darf ich nirgends weilen,
Meist heißen je nach kurzer Rast
Von selbst mich wieder weiter eilen,
Den erst so gern empfangnen Gast.
Wer mich am liebsten schien zu wollen,
Heißt oft am zeitigsten mich trollen.

Den Grund kann, wollt ihr ihn hören?
Wohlan! mein Brauch war immer der,
Beim Abschied jedem zu bescheren
Von einem Wunsche die Gewähr,
Der Wunsch sei thöricht oder weise,
Er wird erfüllt, so wie ich reise.

Wohl Manchem hat zu eignem Schaden
Gereicht, was er durch mich begehrt,
Er wird mich dennoch wieder laden,
Noch eh' die Gabe ist verzehrt;
Und führte sie ihn zum Verderben,
Noch halten gerne mich die Erben.

Selbſt mag ich nicht gern lange raſten,
Es macht mir Pein zu liegen ſtill;
Darum laß' ich den Thoren raſten,
Der mich nicht von ſich laſſen will;
Dem Haus vor Allen bring' ich Ehre,
Wo oft ich geh' und wiederkehre.

Bin ich nun lang' herumgezogen,
Erliſcht mein Glanz und mein Geſicht,
Als ob des Trunkes ich geflogen,
Wird kurzſtig, faſt erkennt man's nicht,
Doch bleib' ich, ob gleich nicht mehr prächtig,
Noch gleich willkommen und gleich mächtig.

Mein Leib geht niemals gar in Trümmer,
Doch wandl' ich gern mich, bin ich alt;
Ein neues Antlitz, friſcher Schimmer
Schmückt jugendlich dann die Geſtalt,
Sodann beginn' ich meine Reiſe
Von Neuem auf die alte Weiſe.

6.

Weſen die erſten Welten
Was Nützliches gethan,
So heben ſie mit Freuden
Sich ſelbſt zu loben an

Doch ob sie's schön vollbrachten,
Ist's ihr Verdienst denn? sprich!
Da sie's ja selbst nicht machten,
Es machte selber sich.

Meist ist dazu entsprungen
Der innre Trieb zur Nacht,
Früh liegt es da gelungen
Fast eh' sie's selbst gedacht.

Doch, lasst sie nur sich loben,
Wir wollen's gern verzeihn,
Bleibt uns doch aufgehoben
Das Werk so rund und rein.

Wie soll ich euch nun schildern
Das zweite Zwillingspaar?
Wie reich ich sei an Bildern,
Ich stell' es euch nicht dar,

Es ist die schönste Blume,
Bald dunkelfarb, bald hell,
Die sich zu eignem Ruhme
Erschuf des Lichtes Quell.

Es ist ein Wurfgeschosse,
Das niedlichste der Welt,
Doch hat von seinem Blitze
Fast jeder große Held.

Es ist ein rundes Gläschen,
Wiegt keine Unze schwer,
Und faßt doch in sein Mäßchen
Leicht Sonne, Mond und Meer.

Bald Liebe scheint's, bald Glaube,
Bald muthig, bald verzagt,
Es überholt die Taube,
Den Falken auf der Jagd.

Vom Wanzen ist zu sagen
Nur Böses allerhand;
Allwege bringt es Plagen
Und Flüche in das Land.

Da hilft nicht Kluh, nicht Beten,
Wer's hat, der hat die Pein.
Laß dich nicht d'rauf betreten,
Sonst wird dir's schlimm gedeihn.

7.

In schönster Bäume Schatten
Da sitzen drei Schwestern hold,
Vom blauen Himmel kommt ein Wind,
Der schüttelt von dem Baum geschwind
Ihnen Aepfel schön wie Gold.

Der Apfel fällt der Jungfrau
Grad' in den Schoos hinein;
Wie ſüß er duftet, wie er lacht!
Sie freut ſich an des Apfels Pracht,
An ſeines Goldes Schein.

Sie ſpielet mit dem Apfel,
Bis ihr das Spiel dünkt lang;
Wirft dann der Zweiten von den Drei'n
Ihn zu, die zieht ein Meſſerlein
Aus ihrem Buſen blank.

Sie ſchneidet mit dem Meſſer
Den Apfel gar entzwei;
Nichts kümmert ſie die äußre Pracht,
Nur auf das Innre hat ſie Acht,
Wie es beſchaffen ſei.

Sie ſieht nach ſeinen Kernen,
Sie wägt ihn mit der Hand,
Beſchaut den ganzen innern Bau,
Und ruht nicht eh', bis ſie genau
Das Kleinſte drin erkannt.

Nun hat ſie es ergründet,
Da ſpricht ſie allerletzt:
Hab' jetzt nichts mehr damit zu ſchaffen,
Was hülf's, ihn müßig zu begaffen,
Nimm du ihn, Schweſter, jetzt.

Die Dritte nimmt den Apfel,
Sie löst die Kerne aus,
Und steckt sie in das Gartenland,
Wohl manches Unkraut, das da stand,
Zieht sie zuvor heraus.

Da lüstern naht ein Knabe,
Dem reicht die Frucht sie hin,
Und spricht: theil' sie mit deinen Brüdern,
Der Kerne Saat wird dir's erwidern
Einst reichlich mit Gewinn.

8.

Ich weiß ein hohes, schönes Schloß,
Drin wohnt ein mächtiger König,
Der hat ein schnelles Flügelroß,
Das kümmert die Weite wenig.

Bald braust es hin wie Wetterhall,
Bald geht es langsam am Zügel;
Fünf Thore führen zum Königssaal,
Davon hat jedes zwei Flügel.

Durchs erste Thor bringt man hinein
Dem König die köstlichsten Gaben,
Was schön von Farmen oder Schein,
Das will der König haben.

Durchs zweite Thor ziehn ein ins Schloß
Der Sänger und Spieler gar viele,
Wenn ab der König stieg vom Roß,
So freut er sich am Spiele.

Durchs dritte Thor hinaus man sieht
In einen schönen Garten,
Wo manche Blume duftend blüht,
Dem König aufzuwarten.

Ein zweiter Garten ist noch nah,
Wo süße Früchte hangen,
Das vierte Thor ist dazu da,
Daß sie ins Schloß gelangen.

Zehn Ritter stehn am fünften Thor,
Je fünf auf jeder Seite,
Die schickt der König oft hervor,
Bald friedlich, bald zum Streite.

Die Ritter zu der rechten Hand
Sind tapfrer als die linken,
Die werden meistens nur gesandt,
Wenn jene etwa hinken.

Geöffnet sind den ganzen Tag
Die Thore all' des Schlosses,
Bis Abends müd' darnieder lag
Der Herr des Flügelrosses.

9.

Vom Volk der Nixen bin ich eine,
So weiß von Haut, wie sonst wohl keine,
Wo Wiesen sind recht grün und helle,
Da fließt am schönsten meine Welle.

Holdselig bleib' ich in der Kühle,
Doch sauertöpfisch macht mich Schwüle,
Und droht der Himmel mit Gewittern,
Macht Schreck mich ganz zusammenschüttern.

Wer meine Quellen klug will hegen,
Dem bring' ich in den Haushalt Segen;
Den Kindern, die nach mir verlangen,
Mach' ich die schönsten rothen Wangen.

Wer in der Hitze mich will laben,
Soll ein Stück Silber von mir haben;
Und wer mit Schlägen mich kann zwingen,
Dem werd' ich gar ein Goldstück bringen.

Das Silberstück seht ihr sich ballen
In meiner Fluth und niederfallen;
Der Klumpen Goldes steigt nach Oben;
Ihr werdet beide Gaben loben.

Gern eint sich mir durch süße Bande
Ein brauner Prinz vom Mohrenlande,
In Liebe um so mehr entzündet,
Je mehr er weiß und fett mich findet.

So rathet nun, ihr Herrn und Damen,
Der Braut und des Prinzen Namen,
Und seyd geladen nur auf's Beste
Hiermit zu ihrem Hochzeitofeste.

10.

Die zwei Ersten.

Ein flinker Schnitter bin ich euch,
Ich mache ganze Wälder
In einem Nu dem Boden gleich,
Schnell stehen kahl die Felder,
Mit meiner Sense hau' ich drein
Und tausend Stämme stürzen ein.

Sie werf' ich in ein weißes Meer,
Das auf zum Himmel schäumet,
Sein Ufersand ist ringe umher
Schön goldig eingesäumet,
Es schwimmen luft'ge Blasen drauf
Und heißer Dampf steigt von ihm auf.

Die zwei Andern

Als einſt, wer weiß der Jahre Zahl,
Die erſte aller Frauen
Den erſten aller Aepfel ſtahl,
Woran wir heut noch kauen,
Hat ſie ihn ſicher nicht geſchält,
Weil ich hab' damals noch gefehlt.

Das Ganze

Der Mann, der vorhin mit euch ſprach,
Der vielgewandte Schnitter,
Legt ſeine Aecker mit mir brach
Und haut den Wald in Splitter,
Denn ich bin ſeine Senſe,
Nun rathet friſch, ihr Hänſe!

II.

Der Genius, der ehn' Erbarmen
Des Lebens ſchönſte Blüten knickt,
Dort hat er in der Mutter Armen
Das einz'ge Kindlein todt gedrückt.
Nun ſteht ſie an dem grünen Hügel,
Der es verſchließt auf immerdar,
Aus ihrer Augen blauem Spiegel
Blickt ſtill das erſte Erlebenpaar.

Das zweite Paar such' zu besitzen,
Denn unvergleichlich ist sein Schutz,
Mag Zeus auch selber drohn und blitzen,
Entgegen trittst du ihm mit Trutz:
Zum Liebchen läßt's dich sicher schleichen,
Vom Nebenbuhler ungekannt;
Und gehst du, Gaben still zu reichen,
Verdeckt's die Wohlthat deiner Hand.

Zwiefachen Sinns, schleppt hier das Ganze
Dem Tode nach sich, schwarz und schwer;
Fliegt neuem Leben, neuem Glanze
Heran dort leicht und sorgenleer;
Zwar wie ein Schatten ist's zu schauen
Sogar im hellsten Sonnenschein,
Doch kannst du sicher darauf bauen,
Daß dann ein ganzer Sommer dein.

12.

Nun hebt mir an zu rathen,
Was doch der Beutel sei.
Dem Reich ist ein Ducaten,
Ein Louisd'or dabei.

Der erste selten richtig,
Beschnitten arg zu meist,
Der andre voll und wichtig,
Nichts giebt es, was so gleißt.

Ihr seht auf dem Gepräge
Des ersten stets den Mann,
Der sonst auch allerwege
Ducaten zeiget an.

Tagtäglich ausgegeben
Wird zwar der Louisd'or,
Doch findet täglich eben
Wie gestern neu sich vor.

Er dienet nicht zum Spiele,
Er schafft euch Korn und Wein,
Auch kleiner Münze viele
Kommt Abends dafür ein.

In keinen Bettelsäcken
Seht ihr den Pfenn'ge mehr;
Nur, wenn's ihn gilt zu waschen,
Erscheint der Beutel leer.

13.

Von einem Ort zum andern
Die Briefe ſtets muß wandern,
Wohl über Fluß und Feld,
Ja um die ganze Welt.

Nicht Flügel hat's noch Beine,
Auch Räder hat es keine,
Kein Wagen doch, kein Flug
Holt's ein, iſt's gut im Zug.

Im zweiten Sylbenpaare
Bekommt man weiße Haare,
Iſt man auch jung und friſch,
Sein Nachbar Krebs und Fiſch.

Auch iſt's ein guter Mahler,
Dem du ſchon manchen Thaler
Für das, was er gemahlt,
Gar willig haſt bezahlt.

Als großes Ungeheuer,
Mit Flügeln, wie kein Geier
Jemals bewaffnet war,
Stellt ſich das Ganze dar.

Doch fliegen nicht, nur gehen
Siehst du's und dennoch stehen
Stets an demselben Ort,
Geht's gleich in Einem fort.

14.

Es ist eine kleine Unterwelt,
Die sich im Bilde vor euch stellt,
Nur statt der Erde ist darin
Ein Wasser von ganz anderm Sinn.
Man kommt durch einen engen Schacht
In einen Raum, so schwarz wie Nacht,
Da breitet sich ein dunkler See;
Allein kein Berg ragt in die Höh';
Kein Fisch schwimmt auf des See's Grund,
Nicht Vögel fliegen drüber bunt;
Nur Wesen, weißen Geistern gleich,
Die steigen oft herab zum Teich,
Zu trinken daraus; ein kleiner Schluck
Ist jedem auf einmal genug.
Dann, wie begeistert, reden sie
Von dem, was sie gesehen nie,
Von jeglicher Vergangenheit,
Von jetziger und künft'ger Zeit,

Und fließt die Rede nicht mehr gut,
Gibt neuer Trunk gleich neuen Muth.
Zuletzt iſt ausgetrunken der See;
Da füllt er ſich wieder aus der Höh'.

15.

Die Erſte rechnet ſich zu einem großen Heere,
Viel eher zählte ihr die Troyſen in dem Meere,
Dort in der erſten Reih' man gleich es ſtehen ſieht,
Doch oftmals tritt es auch allein aus Reih' und Glied.

Wozu die Kraft ihm reicht, das bindet ſeine Schlinge,
Dabei iſt's, wie man ſagt, zumeiſtens guter Dinge,
Stets ſchreitet es voran der Koppel, die es band,
Die finſtern Parzen ſelbſt thät's feſſeln Hand an Hand.

Die heil'gen Könige aus ſchönem Morgenlande,
Der Grazien Schweſterſchaft ſchlug es in ſeine Bande;
Was es gebunden hat, zu halten thut ihm noth,
Denn ließ es Eines los, erlitt' es ſelbſt den Tod.

Die andre Hold', ob zwar ein weſenloſes Weſen,
Steht doch für ihren Mann, als wär' ſie's ſelbſt geweſen;
Gefallen laß' ich mir ſie hinterm Rücken gern,
Doch red' mich nicht ſo an, nicht paßt's für ſolchen Herrn.

Sollt'ſt von dem Ganzen du recht viel aufweiſen können,
So würde man mit Recht dich einen Reichen nennen;
Doch iſt der Reiche grad' viel ärmer meiſt daran,
Als es der Bettler iſt und arme Handelsmann.

16.

Die Erſte iſt ein Wort, bei dem man viel empfindet,
Bei Dichtern aber war es niemals ſehr beliebt;
Weil nur ein ſolcher Schmerz wird durch das Wort verkündet,
Der in der Wirklichkeit auch wirklich ſich begiebt.
Die Dichter aber, die von ihren Schmerzen ſingen,
Woll'n fühlen ſie ja nicht, es ſoll wie Schmerz nur klingen.

Die zweite Sylbe iſt ein Ding von mächt'ger Größe,
Und dennoch ſcheinet nichts faſt in der Welt ſo klein,
Fragſt du nach der Geſtalt, an ſich iſt's die der Kleie,
Doch malt man ſie zumeiſt wie die vom Stachelſchwein.
Mit ſolchen Kleßen füllt zum Nachtmahl ſich die Schüſſel,
Verzehrt ſind alle früh bis auf das letzte Biſſel.

Damit ihr rathet friſch, verſprech' ich dem zum Lohne,
Der mir das Ganze räth', vom Ganzen hundert Stück.
Holt ſelbſt ſie von der Bank, die ihnen dient zum Throne!
Warum, o Freunde, bleibt ihr alle doch zurück?
Ihr wollt, ich weiß es ja, doch ſonſt nur von den friſchen,
Wenn ihr die friſchſten wollt, müßt ihr ſie ſelber fiſchen.

17.

Es kommt, mich anzugreifen,
Von Räubern ein ganzer Chor;
Ich ſchieße aus langen Läufen
Ringe Kugeln um mich hervor;
Zwar iſt kein Schuß ein Kernſchuß,
Doch dafür jeder ein Kernſchuß.

Die Räuber ſtürzen ſich muthig
Ins dichteſte Kugelgedräng;
Die Kugeln alle ſind blutig;
Wie fallen die Schüſſe ſo eng!
Und doch von den Räubern allen
Sieht keinen man fliehn oder fallen.

Das macht, es ſcheinet nicht böſe
Ein Schuß ohne Knall, ohne Dampf;
Stets gilt ja des Schuſſes Getöſe
Mehr als der Schuß in dem Kampf,
Schieß' blind, doch ſchieße mit Knalle,
Da fliehen die Räuber gleich alle.

18.

So weiß wie Lilien, weiß wie ein Engel,
Durchwandl' ich langsam die Welt voll Mängel,
Die Füße getaucht in Morgenroth.
Doch wenn der Geist in ferne Weiten
Will tragen sein Werk und sein in die Zeiten,
Alsbald die Schwingen ich dazu bot;

Die Schwingen, gewöhnt nicht an irdisches Fliegen,
Gemacht nur, dem höhern Beruf zu genügen;
Beseelt ist jede Feder darin.
Doch hab' ich noch manch' ander Geschäfte:
Verlangst du im Schlummer neue Kräfte;
Ein weiches Lager breit' ich dir hin.

Und willst du dich letzen am köstlichen Mahle,
Gar oft mein Leben ich dafür zahle,
Daß du nur werdest satt und froh;
Bring' gleich zum Braten die mit die Früchte,
Wie duftet so herrlich nun das Gerichte,
Indeß meine Seele von hinnen floh

19.

Wer nennt das liebliche Kind,
Geboren taub und blind
Und des Verstandes baar;
Sieht nicht den Weg vor sich
Und führet dennoch dich
Zur Heimath wunderbar.

Wer nennt mir, deren Speer
Schlägt Wunden tief und schwer,
Von Wonnen schwer statt Pein;
Nicht Streiten hilft, nicht Flehn;
Sieht ihre Sklaven ziehn
Gekettet zu je zwei'n.

Wer nennt das schöne Weib
Mit Flügeln an dem Leib,
Mit grünem Kranz geschmückt,
Mit Augen, leuchtend ganz;
Ein Regenbogenglanz
Sieht dort, wohin sie blickt.

20.

Es ſteigt ein mächtig Gewimmel
Der Geiſten hernieder vom Himmel
Und klar erkennſt du daraus,
Daß nun von hinnen geſchieden,
Die lange geblieben hat hienieden,
Die Tochter aus himmliſchem Haus.

Wenn durch die Lüfte kann wandern
Die Klänge vom Paare der Andern,
So weißt du, nun naht in Nacht
Auch der kleineren Tochter Leben,
Die Allen hat Freude gegeben
Durch ihres Auges Pracht.

Der Großen an Schein nicht weichend,
Den Andern in Form ſich vergleichend,
Steigt lieblich das Ganze empor;
Es ſteigt empor als ein Zeichen,
Die Tochter aus himmliſchen Reichen
Kehrt wieder durch blühendes Thor.

21.

Mein Leben das iſt arm und nächtig;
Viel lieber lebt' ich ſchön und prächtig:
Ein hoher Herr tritt an mein Haus,
Im ſchönſten Schmuck, mit reichen Taſchen;
Ei, denk ich, könnt'ſt du was erhaſchen!
Und ſtrecke meine Finger aus.

Das ſcheint dem Herrn nicht zu gefallen:
Er, der ſonſt ſchenket Allen Allen,
Hält ſtreng ob meinen Fingern Wacht,
Und gleich wird jeder abgeſchnitten
Vom Diener, der folgt ſeinen Tritten,
So wie ich ihn nur lang gemacht.

Schad' wär' es um die armen Dinger;
Zum Glück doch wachſen neu die Finger,
Und immer neu ſtreck' ich ſie aus;
Und wie der reiche Herr ſich wehre,
Zuletzt mit langen Beſen kehre
Ich doch ihm noch die Taſchen aus.

22.

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Das braune magre runzlichte Weib,
Das alt doch hat viel ſüßern Leib,
Als da es iſt geweſen
Ein jung' rund' glattes Weſen?

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Das alt den Stock zu laufen wußt',
An dem es jung ſich halten mußt',
Das alt hat Küchentugend,
Hielt Schenke in der Jugend?

Wer kennt das Weib,
Wer nennt das Weib,
Dem jung kein Mädchen-Name behagt,
Alt ließ ſich's taufen als chriſtliche Magd?
Ihr aber, ſchöne Damen,
Verſchmähtet, glaub' ich, den Namen.

23.

Ich liege fest in mich gedrängt,
Klein, daß mich eine Hand umfängt.
Doch wollt' ich einmal ganz mich strecken,
Würd' ich manch' Hundert Hüllen decken.

Mitunter ruh' ich lange Zeit
In einer Höhle eingeschneit,
Umgeben rings von manchen Waffen,
Die meisten für den Stich geschaffen.

Wird mir das Müssigsein zu viel,
So heb' ich an ein Lanzenspiel:
Das aber schadet meiner Ticke,
Ich schwinde mehr und mehr dem Blicke.

Zuletzt bleibt von mir keine Spur,
Doch umgeschaffen werd' ich nur,
Und trugen einst mich Hände feine,
So mach' ich jetzt mich auf die Beine.

24.

Für Zwei nehm' ich das Wort, für mich und den Gesellen,
Der nachbarlich sein Haus pflegt neben meins zu stellen.
Mein Nachbar ist ein Mohr, ich selber bin ein Weißer,
Mein Naturell ist kühl, das seine ist viel heißer.

Wir ſind ein Dienerpaar, zwar nicht in Hof und Garten,
Doch bei der Tafel gern bereit, euch aufzuwarten.
Wir nöthigen zum Trunk, ſtehn ſtets zu Allem willig,
Doch iſt zu rathen ſehr, braucht mehr uns nicht als billig.

Mein Freund iſt von Natur geſchickt zu wen'gen Sachen,
Drum pflegt man mehr Gebrauch von meinem Dienſt zu machen;
Doch weil er kräft'ger iſt, dient er mir oft zur Stütze,
Und, was er thun auch mag, er thut es ſtets mit Hitze.

Beim Eſſen nicht allein ſollt unſern Dienſt ihr loben,
Auch in Geſpräch und Witz möcht ihr ihn wohl erproben,
Seid ſelber geiſtreich nur, wir werden gern euch dienen,
Doch beſſer laßt ihr weg von uns den allzukühnen.

25.

Wie heißt der kleine alte Mann
Mit einem Buckel vorn und hinten,
Zumeiſt gebückt ſchleicht er heran
Und doch muß jeder ſchön ihn finden.

Sich ſelbſt wohl deß iſt er bewußt,
Denn keck der größten Damen Einer
Macht er den Hof; und ihr gilt o Luſt,
Niemals ein Hofmann nahm ſich ſeiner.

Auf's Strengste nimmt er sich in Acht,
Je zuzuwenden ihr den Rücken,
Folgt ihr in reicher Silbertracht
Und Schmachten liegt in seinen Blicken.

Der Reichthum, den er an sich hat,
Ist freilich nur geborgte Waare;
Doch, der ihm darleiht, wird's nicht satt,
Darum verschlägt es nichts dem Paare.

26.

In grünem Laubgehölze
Sitz' ich bei Sonnenschein
Im warmen sammtnen Pelze
Und hülle ganz mich drein.

Und wie auch brenne die Sonne,
Ich zieh' meinen Pelz nicht aus;
Doch quillt im Hölzchen ein Brunne,
Da trinke ich daraus.

Ach nein! nach wenig Wochen
Schon sind' st du mich nicht mehr;
Da deckt wohl meine Knochen
Die Erde schwarz und schwer.

Des Pelzes purpurne Zierde,
Mein Anſehn reich und rund,
Reizt eines Räubers Begierde,
Der ſticht mich todeswund.

27.

Nichts iſt mir gleich an Einfachheit,
Und doch ruft Wunder bei mir Einer,
Der Andre Liebe bei mir ſchreit
Und liebeſeufzend braucht man meiner.

Das iſt die Erſte des Gedichts.
Wollt ihr auch die Geſtalt erkunden?
Bei nun, ſie wird der Form des Nichts
In allen Stücken gleich gefunden.

Die Zweite ſcheinet zwar als Licht,
Und dennoch, biſt du gleich kein Blinder,
Biſt du ſie ſchon dein' Tage nicht,
Begreifen wirſt du ſie noch minder.

Das Ganze kommt einmal im Jahr
Und bringt, o mögt ihr recht es feiern,
Den ſchönſten grünen Kranz euch dar
Voll Blumen, Kuchen, friſchen Eiern.

28.

Die Hirte ist immerfort bemüht,
Ein Ding zu theilen, das niemand sieht,
In Theile, die jeder sehen kann,
Und das wird mit zwei Fingern gethan.

Wer an dem Leibe die Andre trägt,
Gar frei sich durch den Raum bewegt,
Doch wer sie führt in seiner Hand,
Ist fest zur Stelle meist gebannt.

Das Ganze liegt gewickelt krumm,
Wie eine todte Schlange stumm,
Doch mangelt nicht der Lebenskraft;
Die löst ein Schlüssel aus der Haft.

29.

Das erste Sylbenpaar bedeutet
Ein stilles, sachtes Geh'n
Nach Orten, wo ein Glöcklein läutet
Und heil'ge Bilder steh'n.

Die Dritte sieht man Kronen schmücken,
Mit Perl' und Gold gepaart;
Doch tritt mit Füßen man die Stücken
Von der gemeinen Art.

Ein Mann das Ganze, dem an Ehren
Zur Zeit kam Keiner bei;
Doch darauf möchte ich nicht ſchwören,
Daß er's auch meinte treu.

30.

Wer nennt mir die Häuslein ſo nett und rein,
Mit dem Gewölb' von weißem Stein?
Sich ſelber bau'n ſie ohne Müh',
Du weißt wohl wo, doch weißt nicht wie.

Gar friedlich in guter warmer Hut
Ein ganzes Dörfchen beiſammen ruht.
All' haben ſie eine Beſitzerin,
Die aber wohnt nicht ſelber drin.

Doch iſt ein Inſaß in jedem Haus,
Der hat kein Fenſter zu gucken hinaus,
Der hat keine Thür zu gehen hinein,
Schlägt, will er hinaus, die Wände ein.

31.

Die erste Zylbe gut zu nützen,
Mußt du sie recken bald, bald spitzen,
Mußt sorglich za das Blasen scheuen,
Sie bald verschließen und bald leihen.

Damit die andern Zwei dir frommen,
Genügt als Anweisung vollkommen,
Sie grad nur in den Mund zu stecken;
Sie werden sicher gut dir schmecken.

Das Ganze klüglich anzuwenden,
Mußt du recht rüstig sein von Händen,
Und, eh' der Andre es mag denken,
Ihn mit der Gabe rasch beschenken.

32.

Der Erste ist ein Thor, meist groß und ungeschlacht,
Am besten wär' es wol, man hielt es zugemacht,
Doch stehen offen gern die beiden großen Flügel,
Und ganz vergebens sucht man oft dafür den Riegel.

Euch zu ergötzen sind die andern zwei geschickt,
Woferne ihr ein Bild des Menschen d'rin erblickt;
Allein, wenn umgekehrt ein Mensch will ihnen gleichen,
So steht es euch wohl an, ihm gänzlich auszuweichen.

Liegt wo ein todtes Pferd, schlug wo der Blitz ins Haus,
Zieht ein ein fremder Prinz, zieh'n die Soldaten aus,
So seht ihr einen Markt sich schnell dabei gestalten,
Auf dem das Ganze wird freigebig feil gehalten.

33.

Die erste Sylbe läuft, als wäre sie lebendig,
Und plaudert dabei stets, als wäre sie verständig,
Sie schmückt mit Blumen sich gleich einem jungen Mädchen
Und spinnt gar säuberlich an einem langen Fädchen.

Zuweilen, wenn du willst ab von der Straße wandeln,
Verrennt sie dir den Weg und läßt nicht mit sich handeln,
Dann hilft der Andern Paar dir mehr als gute Worte,
Wenn sich's nur fände gleich auch immer an dem Orte.

Ein Wesen nett und klein ist's, was dir nennt das Ganze,
Die halbe Seele jetzt, so scheint es, in dem Schwanze,
Da, wo die Erste läuft, magst du es meist erblicken,
Es trippelt nebenher und fängt ihr weg die Mücken.

34.

Vom graden Wege nicht zu weichen,
Geh' nur den ersten Beiden nach;
Empfängst du sie zum bösen Zeichen,
Ertrag' geduldig nicht die Schmach.

Beweise, wie man dich verkenne,
Wie gut du es verstehst und meinst,
Und wasche tapfer dich und brenne,
Bis daß du gleich der Dritten scheinst.

Jedoch, wenn du die ersten Beiden
Empfängst, weil du das Ganze bist,
So stecke sie nur ein bescheiden,
Und bess're dich als guter Christ.

35.

Ich bin von vier Brüdern der eine;
Zwei große sind's und zwei kleine;
Wir trugen einst große Last.
Als endlich geschwunden das Leben,
Hat Alle ein Sarg umgeben,
Drin hielten wir lange Rast.

D'rauf ſind wir gefahren gen Himmel,
Da fanden wir ein Gewimmel
Von unſers Gleichen ſchon vor,
Doch ſtieg zu der himmliſchen Zelle
Empor der Rauch aus der Hölle;
D'rum bin ich ſchwarz wie ein Mohr.

36.

Wer ſollte wohl von einer Hennen
Was ſonſt, als Eier erwarten können,
Im runden Neſt ein rundes Ei,
Das reinlich liegt auf reiner Streu?

Mein Räthſel, ſonſt der Henne gleichend,
Jedoch an Reinlichkeit ſehr weichend,
Legt, ach zu ſagen ſchon iſt's arg,
Sein Ei grad' mitten in den Quark.

Und Wunder, wenn es iſt geſchehen,
Wollt ihr es etwa euch beſehen,
Dreht's rechts und links und rings herum,
Ihr findet nichts dran rund und krumm.

37.

Ein Kindlein iſt es, jung und friſch,
Doch ſtarb bei der Geburt die Mutter,
Statt warmen Milchbrei auf dem Tiſch
Ward ihm der kälteſte nur zum Futter.

Die Einen bei der Mutter gehn
Zu Grabe mit betrübten Mienen;
Die Andern auf das Kindlein ſehn
Voll Freude, daß es iſt erſchienen.

Was wird einſt aus dem jungen Held,
So bet' ich ringsum Alle fragen,
Der gleich beim Eintritt in die Welt
Ein Dutzend tapfer hat geſchlagen?

38.

Die Breſte beſteht aus lauter Leichen,
Die ein lebendiges Grab verſchlingt,
Viel tauſend Silbaner mögen nicht reichen,
Die ſchnell der Mann mit der Hippe bezwingt.

Der Andern Paar enthält zuweilen
Das, was die erste Zeile nannt,
Und immer ist es, was leicht zu theilen,
Bald Korn, bald Geld, bald Vieh, bald Land.

Das Ganze baut vor euern Blicken
Als ein Gebirge sich auf,
Noch Niemand fiel von seinen Rücken,
Doch fällt wohl Mancher gern darauf.

39.

Wie war mir einst so wohl zu Muth
In grünem Kleid mit blauer Fluth,
Doch als verschossen war mein Kleid,
Erfuhr ich nichts als Herzeleid.

Und wieder ward mir wohl zu Muth
In guter Frauen guter Hut,
Doch als ich ward ein altes Wrack,
Verlieh ich unter's Lumpenpack.

Und wieder ward mir wohl zu Muth,
Als neu geboren mich die Fluth,
Daß mir's nicht wieder geht so krumm,
So schreibt nicht Lenz, was gar zu dumm

40.

Ein dicker Mastvieh liegt gebettet
In niedrem Stall und angekettet
Am Boden durch gar manche Stränge.
Ein Netz umstrickt es fest und enge.

Wozu? Es wird davon nicht laufen.
Ob du's willst schlachten, ob verkaufen,
Es wird dir niemals widerstreben.
Nur gut sie mästen heißt ihm leben.

Wenn seine Zucht dir gut gelungen,
Behagt sein Fleisch dann allen Zungen,
Sieht schön wie Gold und duftet lieblich.
Nur es zu braten ist nicht üblich.

41.

Es ist ein Mann in weißem Kleid,
Der hat in seinem Zimmer
Gar viele Spiegel, lang und breit,
Freut sich ob ihrem Schimmer.

Da kommt in grünem Kleid ein Mann,
Will auch ſich d'rin beſehen,
Kaum daß ſein Athem trifft daran,
So iſt's um ihn geſchehen.

Die Spiegel brechen all' entzwei,
Doch ſchnell ſchmilzt er die Stücken,
Und wieder ſind es Spiegel neu,
Die nun ſein Zimmer ſchmücken.

42.

Die Baſis ſtellt ein Ziel euch dar,
Geflohn von allen Menſchen zwar,
Und doch von Jedem noch erreicht,
Sey's, daß er rennet oder ſchleicht.

Die andre Sylbe iſt ein Stück,
Bald lang, bald kurz, bald dünn, bald dick,
Am beſten, wenn es liegt am Heerd,
Am ſchlimmſten, fliegt es an den Kopf.

Das Ganze rühret ſich im Land
Du leihſt ihm dazu Fuß und Hand,
Wirfſt Alles unter und über ſich,
Und machſt das Land dadurch ordentlich.

43.

Gott Pluto war es, der mich sandte,
Zu treiben Ceres aus dem Lande.
Mag sie mit Schrot und Korn sich wehren,
Mit Kugeln jag' ich sie, mit schweren.

Und wird das Brod dann etwa theuer,
Ich schenk' euch dafür höllisch Feuer.
Schenk' fette Rücken euren Schweinen,
Und dicke Bäuche euren Kleinen.

So, ob mein Leben gleich ist nächtig,
Glänzt mein Verdienst doch hell und prächtig.
Nur bitt' ich euch, mich nicht zu richten
Nach Früchten, die ich trug im Lichten.

44.

Wenn du einmal das Ganze hast,
So lade mich dazu als Gast.
Ich weiß es zu genießen.
Beim Glas, das du mir reichest dar,
Will ich das schöne mittle Paar
Mit lautem Toaste grüßen.

Und was ſonſt anderweit ich hab'
Des Biſſen vor und nach dem Grab',
Dem will mein Hoch ich bringen;
Die Letzte aber laß ich ſtehn,
Denn ob ſie wäre noch ſo ſchön,
Kein Glas mag damit klingen.

45.

Du ſiehſt im erſten Zelbenpaar
Das Schönſte auf der Erde;
Ein junger Officier ſogar
Hält höher es als Pferde.

Die Dritte ſucht manch' armer Tropf
Im Schiffbruch zu gewinnen,
Doch hat ſie jemand vor dem Kopf,
So litt er ihn ſchon drinnen.

Das Ganze iſt ein eben Feld,
Auf dem wird viel geſtritten;
Auch manche Dame kämpft als Held
Und jede iſt beritten.

46.

Die erſte Sylbe iſt ein kleines Adjectiv,
Wenn du's errathen willſt, denk' nicht, ſein Sinn ſey tief;
Und wenn es dir gelang, daß du's errathen haſt,
Frag' nicht dein Mädlein ſo, daß drauf das Beiwort paßt.

Die zweite Sylbe hält dir nirgends Stand noch Stich;
Läuft ſtets nach dem, was vorn, und wirft's gleich hinter ſich,
Läuft ohne Raſt und Ruh, du fragſt: nach welchem Ziel?
Den Allerweiſeſten wohl fragſt du da zu viel.

Das Ganze iſt beſtimmt, aus Zwei zu machen Eins;
Gern wird dabei geleert ein Becher beſten Weins,
Getanzt, gelacht, geſpielt; Niemand an Uebles denkt;
Doch wird es Manch'm im Grund ſchon, daß er ſich gekenkt.

47.

Die beiden Beſten machen
Den Weibern oft es nach,
Jetzt ſieht man ſie noch lachen
Und weinen gleich danach.

Ein Sultan iſt die Dritte,
Geht ſtets gefeyert einher
Mit ſtolzem Herrſchertritte,
Doch niemals reitet er.

Das Ganze iſt beweglich
Zwar, wenn es ſtill ſteht, ſtumm,
Doch ſchreit mitunter klaglich
Sobald ſich's dreht herum.

48.

Wer kann das goldne Haus mir nennen?
Es ſcheint zu glühen und zu brennen,
Ward ganz erbaut in heißer Schwüle,
Doch drinnen ſind' ſt du ſüße Kühle.

Sein Innres ſtrahlt von goldnem Schimmer,
Kryſtall die Wand von jedem Zimmer;
In jedem liegt gebettet ſauber
Ein Zwerglein da in Schlafeszauber.

Wenn du die Zwerglein wach willſt haben,
So mußt du ſie zuvor begraben;
Wie winzig ſie dir erſt erſchienen,
Einſt werden Rieſen noch aus ihnen.

49.

Ich bin ein Grab, ſtumm und verſchwiegen;
Am runden Denkmal über mir
Erblickſt du in erhobnen Zügen
Bald Schriftwerk, bald Symbol als Zier.

Wohl andre Gräber ſieht man grünen;
Ich ſcheine nur ein Beet von Schnee;
Auf andern Gräbern flattern Bienen;
Hier, ſcheint es, ging der Kräben Heh'.

Willſt du, der Geiſt ſoll mit dir ſprechen,
Der in dem Grabe kam zur Ruh',
So gilt's, das Denkmal zu zerbrechen,
Der Zauber ihm den Mund ſchließt zu.

50.

Als Exemplare
Vom erſten Paare
Die allerfeinſten
Wies wähl' und reinſten.

Als Exemplare
Vom zweiten Jahre
Die allerschwersten
Zugleich und mehrsten.

Als Exemplare
Der ganzen Waare
Von Duft die vollen
Nur sollst du wollen

51.

Geschaffen zum Gebrauch im Kriege
Erhebt sich eine hohe Stiege.
Willst du die höchste Stufe kennen,
Ein Sylbenkleeblatt wird sie nennen.

Zu schönerm Brauch bei Sang und Reigen
Lieb eine zweite Treppe steigen,
Willst du den Fuß der Treppe kennen,
Die vierte Sylbe wird sie nennen.

Auf letzter Treppe nicht zu gleiten,
Muß etwas auf und abwärts leiten;
Willst du auch dieß Geländer kennen,
So wird das Ganze dir es nennen.

52.

Die Erste ist ein Wort, das man zum Krüppel schlug,
Wen man im Schimpf so nennt, der ist wohl nicht sehr klug;
Doch wer so wirklich heißt, von dem ist zu vermuthen,
Es zähle sein Geschlecht sich zu den alten guten.

Die Zweite ist ein Ding, verwendet ganz und gar,
Weil es jetzt außen hat, was einst ein Innres war.
Beim Nachbar horch! was quickt? Ich hör es mit Vergnügen,
Jüngst schickt' ich ihm das Ding, nun werd' ich's wieder kriegen.

Das Ganze lebt! juchhe! es springt, es klingt, man lacht;
So ist der Zweck erfüllt, die Sache gut gemacht.
Sonst hat es mehr als jetzt im Spiel davon gegeben,
Doch giebt's auch jetzo noch genug davon im Leben.

53.

Die erste Silbe ist ein klingend Instrument,
Das älteste gewiß von allen, das man kennt,
Man jeder trägt's und braucht's das liebe lange Jahr,
Die schönen Damen auch? trägst du. — Ich lache gar.

Die beiden Andern sind ein klingend Instrument,
Das muntre Beine macht, doch müde macht die Händ'.
Am meisten hat mich stets bei seinem Schall erbaut,
Daß das, was so erklingt, nicht meine eigne Haut.

Das Ganze endlich ist ein klingend Instrument,
Das von dem ersten du nie hörst abgetrennt;
Wo taugt nicht zum Concert, taugt auch nicht für den Ball,
Doch streit' ich nicht mit dir, wenn dir gefällt kein Schall.

54.

Liegst du im Schlaf in guter Ruh,
So wird es schwerlich dir gefallen,
Naht jemand dir die Brüst zu,
Verdrossen wirst du Antwort lallen.

Doch ruft die Maid, die vor dir steht,
Dich sanft mit der zwei Andern Wörtlein,
Wohl für es dir zu Herzen geht,
Gekommen aus so schönem Pförtlein.

Das grüne Ganze ist bestimmt
Zum Räuchern, doch nicht, wenn gekommen
Ein Gast, da es vielmehr entglimmt,
Wenn Einer Abschied hat genommen.

55.

Sie reiste nach Welschland, der Kutscher rief: ho!
Ich gab ihr's Geleite bis an den Po;
Da rief ich: o weh! daß ich scheiden muß!
Sie gab mir zum Abschied den süßesten Kuß.
Wir schworen uns Treue bis an den Tod;
Die Treue erreicht nicht das Morgenroth;
Denn als sie drüben war über dem Fluß,
Verfreut' sich ein Andrer an ihrem Kuß.
Was ich euch einzeln hier niederschrieb,
Das trieb im Ganzen mit mir die Lieb'.

56.

Die erste Sylbe wundert sich;
Die zweite spricht: beeile dich!
Die dritte kann nie trocken sein;
Das Ganze ist ein Königlein.
Der Kleine sitzt auf einem Thron,
Der ist gemacht von Töpferthon;
Sein Antlitz glänzt wie Gold so fein;
Es trägt ein grünes Kränzlein,
Von Schwert und Spieß ist er umringt,
Ein Schwert einst selber Tod ihm bringt.

57.

Aus den Resten
Kleiner Mästen
Wird die Hefe dargestellt.

Aus den besten
Aesten Aesten
Macht die Zweite, junger Held!

Von den Aesten
Nur am besten,
Wo man's Ganze schenkt, abfällt.

58.

Mein Vater klettert gern in die Höhe,
Doch unterwegs bekommt er die Drehe. —
Meine Mutter saß unten gesellig lange,
Da machten grobe Flegel ihr bange.

Mir ist von den Aeltern Manches geblieben,
Es fühlt mein Geist sich nach oben getrieben,
Doch geht es oft nicht ab ohne Schwindel,
Ich liebe Gesellschaft, da giebt's oft Gesindel.

59.

Ich bin bei der Kirche angestellt,
Mein Wesen ist ganz erbaulich
Und über den Dingen dieser Welt
Mein Standpunkt hoch und beschaulich.

Mein Wort ist einfach, doch hat es die Macht,
Zur Andacht zu rufen die Frommen,
So dien' ich der Kirche bei Tag und bei Nacht
Und bin doch hinein nie gekommen.

60.

Wer nennt mir das Geschöpf, das nur ganz langsam kriechet,
Auf Bergen gerne wohnt, sich gern an Häuser schmieget?
Von Eiern jedes Jahr bringt's eine starke Brut,
Doch brütet's selber nicht, weil es die Sonne thut.

Die Eier öffnen sich; was d'raus kommt, wird gefangen,
Was wild geberdet sich's, Freiheit ist sein Verlangen,
Wer hält's gut in Haft, bald scheint es wieder mild,
Nun nehmt euch erst in Acht, sonst macht's euch selber wild.

61.

Die Erste spricht: „Die Zähne brauche!“
Ich füg' hinzu: „Bekomm's dem Bauche!“
Die Andre zeigt dir deutlich an,
Jetzt wird ein männlich Wesen nahn.
Was wird bezeichnet mit der dritten,
Ist schlecht von deutschem Zinn gelitten.
Das Ganze Mancher schreibt und spricht,
Allein verstehen kann man's nicht.

62.

Wenn du durch Rathen nicht die Erste kannst erzwingen,
Ich geb' dir einen Schlag, so wird's sogleich gelingen.
Die zweite Sylbe hat nur durch Beziehung Sinn;
Doch nennt die Liebste so den Liebsten oft schlechthin.
Die dritte setzt zu den rothen Sonnenrossen;
Ihr Schläfer, wachet auf, was säumt ihr so verdrossen?
Das Ganze wohnt im Wald, suchst du es da nicht gern,
So nun so geh zu Tisch bei einem hohen Herrn.

63.

Der Krebs iſt ſchwarz im Leben
Und nach dem Tode roth,
Doch ich bin roth im Leben
Und ſchwarz nach meinem Tod.

Daß Keiner mich berühre,
Schlimm wird' es ihm gedeih'n,
Ob keinen Zahn ich führe,
Doch tüchtig beiß' ich d'rein.

64.

Ich ſtehe als Schranke,
Ich laufe als Ranke,
Ich mache, daß Bücken
Dir ſchafft Grauicken.

Ich trag' Milchnäpfchen
Auf kleinen Köpfchen,
Die blutig ſich färben,
Wenn Näpfchen in Scherben.

65.

Mit goldnem Teich die Mutter
Durchhobt' ich ohne Scheu;
Weiß macht durch mich die Butter
Dir, daß sie weiß nicht sei.

Komm ich in deine Scheuen,
Verträgst du es wohl fromm;
Doch schiltst mich aus nach Reuen,
Wenn ich zum Kaffee komm'.

66.

Ein weißer Vogel kommt geflogen,
Geflogen über Meer und Land,
Bei Tag und Nacht ist er gezogen,
Da greif' ich ihn mit meiner Hand

Nun heb' mir an, dein Lied zu singen'
Ich harrte lange schon darauf.
Er schweigt; da brech' ich, ihn zu zwingen,
Ihm seinen rothen Schnabel auf.

67.

Es iſt ein krummes Schwert, das haut mitten drein
In eine große Schaar, doch ſchneidet nicht ins Bein;
Es theilt ſich blos die Schaar, da wo das Schwert hinſchlug
Und ſteht ein Veilchen ſtill, wofern ſie war im Zug.
So ſtellt es Ordnung her im Raum und in der Zeit,
Sofern der, der es führt, nur ſelber iſt geſcheut;
Die Frauen freilich, wenn auch ſonſt der Ordnung hut,
Gebrauchen allzumeiſt das Schwert nicht allzugut.

68.

Ein Thier iſt's mit fünf Beinen,
Wie regt es ſie ſo ſchnell,
Und dennoch will mir's ſcheinen,
Nicht kommt es von der Stell'.

Noch hängt ihm an dem Leibe
Das Ei, aus dem's entſtand.
Man hält's zum Zeitvertreibe;
Auch Nutzen bringt's ins Land.

69.

Es iſt eine Feſtung geweſen,
Drin Peter ſtritt, der Soldat;
Den hat eine Kugel erleſen
Zum Ziele nach Gottes Rath.

Doch eh' er ſagte ſein Amen,
So ſchrieb er, zu zeigen ſich treu,
Der fernen Liebſten den Namen
Der Feſtung, getheilet in Drei.

70.

Wer mögen die kleinen Leutlein wohl ſein
Mit dickem Kopf und dickem Bein,
Doch einem Leib' ach fadendünn;
In den größten Köpfen iſt nichts drin.

Auch fußlos ſiehſt du Einzelne ſtehn,
Doch wenn ſie hintereinander gehn,
Bekommt gleich Füße das ganze Heer,
Je raſcher ſie laufen, deſto mehr.

71.

Hinter dem Menſchen alle Tag'
Still im Finſtern geh' ich her.
Zuweilen auch wohl der Naſe nach,
Dann aber ſchnaub' ich wie ein Bär.

Die Arbeit, der ich mich muß fügen,
Macht mich gar zeitig runzlich, alt,
Doch, wenn ich in ein Bad geſtiegen,
Erſchein' ich glatt und jung alsbald.

72.

Der Erſten Druck haſt du meiſt gern,
Hielt'ſt gern den Druck der Zweiten fern;
Die Erſte, iſt ſie weiß, heißt ſchön,
Schwarz mag der Andern beſſer ſtehn;

Die Erſte, daß ſie bleibe fein,
Hüllt in das Ganze gern ſich ein;
Die Andre braucht nicht ſolchen Schutz,
Weil ſelbſt als Hülle dient ihr Putz.

73.

Wer aus den ersten Beiden
Sehr oft die Dritte thut,
Den könnt ihr unterscheiden
An seiner Nase Glut.

Sonst geht stets aus den Höhen
Herab des Steines Lauf;
Das Ganze läßt ihn gehen
Hoch in die Luft hinauf.

74.

Sonst regnet's naß in trocknes Land
Aus großem Himmelsfasse,
Doch aus mir regnet umgewandt
Das Trockne in das Nasse.

Sonst dient ein Sieb, zu scheiden klar
Das Grobe von dem Feinen;
Doch was durch mich geschrieben war,
Muß stets sich wieder einen.

75.

Eine Dame kam von Meſſina,
Dazu auch ein Herr von China,
Dazu noch zwei Negerkinder,
Eins feurig, das andre gelinder.

Die ſonſt ſich ſchienen zu haſſen,
Zum Hauſe der Nixe der blaſſen
Sind, ſich zu verſöhnen, gekommen,
Hab' fröhlich Theil dran genommen.

76.

Am Paar der Ersten freut nach wackern Thaten
Wohl Jeder ſich, ſie winken ihm zur Raſt;
Das Paar der Andern hat gar oft verrathen
Den Lügner als ein ungebetner Gaſt.

Das Ganze iſt die allerſchönſte Schleppe,
Dran Gold und Purpur ſtreiten um den Sieg,
Man ſieht ſie kleben noch die hohe Treppe,
Nachdem die Königin ſchon nieder ſtieg.

77.

Ich komme mit Scham,
Ich gehe, kommt Gram,
Ich komme mit Freud',
Ich gehe, kommt Neid.

So lang' ich mag stehn,
Lust, Leben, wie schön!
Wenn ganz ich vergeh',
Glück, Jugend, ade!

78.

Siehst du die zweite Sylbe gehn,
Folgt oft die erste hinterdrein;
Siehst du die zweite Sylbe stehn,
Geht oft die erste in sie ein.
Oft, wenn die erste Sylbe liegt,
Siehst du das Ganze itzen drauf,
Oft, wenn die erste Sylbe fliegt,
Siehst du das Ganze springen auf.

79.

Bald läufſt du auf mir, als wär' ich von Stein;
Bald lauf' ich ſelber, als wär ich ganz Bein;
Bald ruh' ich gar friedlich und dehne mich breit;
Bald tob' ich, als wie mit mir ſelber im Streit;
Bald flieg' ich hinauf in das luftige Blau;
Bald fall' ich herab auf die blumige Au;
Bald ſeh' ich aus wie der niedlichſte Ball;
Bald ſchein' ich ein Bild vom unendlichen All.

80.

Das erſte Paar bedeutet Thränen,
Die doch oft Tauſende erſehnen.
Gott Amor, wie die Dichter ſangen,
Kommt mit dem zweiten Paar gegangen.
Das Ganze zeigt dir klar im Trüben,
Es gibt auch eine gute Lieben.

81.

Die Erste iſt in Körnern geſät gar reich ins Land;
Daß jemals eines aufging, das iſt mir nicht bekannt.
Die Andre iſt zu meſſen Etwas beſchäftigt ſehr;
Wie ſehr ſie ſich auch müdet, ans mißt ſie's nimmermehr
Dem Ganzen wird geſchüttet ſein Futter nur einmal;
Durch ſeinen engen Schlund doch geht es viel hundertmal

82.

Die beiden Ersten, voll und ohne Falten,
Die beiden Andern, wenn ſie Wort nur halten,
Sind zu dem Carneval die beſten Zwei.
Doch hüte dich, daß nicht, von deinem Glanze
Gelockt, zu nah' die komme da das Ganze;
Nur gar zu gerne ſtellt ſich's ein dabei.

83.

Wer nennt mir das Spiel mit kleinen Bällen,
Getrieben auf einem grünen Plan;
Ein Jüngling erhebt ſich, ſie aufzuſchnellen;
Es neigt eine Magd ſich, ſie wieder zu fahn;
Der Jüngling wirft ſie mit heiterem Blick,
Die Magd nimmt finſter und kalt ſie zurück.

84.

Wer gleichen will den ersten Beiden,
Der soll die Dritte lieber leiden,
Als daß er selbst sie thäte an;
Ich nehm' den Fall aus, daß die Katze
Ins Ganze langte mit der Tatze,
Da sei sie schnell darauf gethan!

85.

Möchtst haben du die ersten Zwei,
So reicht dazu ein Dreier;
Bringt jemand dir die Dritte bei,
Du wünschest ihn zum Geier,
Durchs Ganze hast du schwarz und neu,
Was alt und bunt zu theuer.

86.

Von einem viergetheilten Wesen
Von jeher die Erste ist's Viertel gewesen;
Tatinnen geht zu Bett zur Nacht
Der Andern Mutter, legt ab die Pracht;
Und manchmal entsteht, wenn sie gegangen,
Das Ganze daraus mit lichtem Prangen.

87.

Die Erste malt in Roth; die Kunst scheint dir zu schmecken;
Die zweite Malerei würd' ist du wohl gern verstecken.
Die Zweite malt in Blau; es sind nur blaue Flecken,
Doch lochte Niemand noch, den sie gemacht zum Schrecken.
Das Ganze malt in Grün, oft grünen Wände Strecken;
Da freut sich Jeder dran: Gott führt den Malerstecken.

88.

Stets Eines ist, wovor du nimmst die Erste wahr;
Es sei ein Mann, ein Ding, nur eine Frau ist's nie
Die And're beut Natur dir stets zu zweien dar,
Ersichen an Menschen nicht, doch an gar manchem Vieh.
Das Ganze ist Etwas, was nie sein wird noch war,
Doch wenn es irgend wär', so wär' es selbst ein Vieh.

89.

Ich bin in gymnastischen Künsten gewandt,
Vom Menschen ist mehr mir als Andern bekannt,
Dazu auch thu' ich viel Heldenthaten,
So daß mich fürchten die kühnsten Soldaten;
Bei Allem bleib' ich am liebsten im Bett,
Und heute das Erstemal bin ich hier.

90.

Seht, wie dort auf dem Schneefeld mit Schnelle
Hineilt der lange leichte Geselle,
Nie sah' ich so gemaßen Schritt,
Doch macht mit den Füßen er schwarze Zeilen,
Wie kommt's? Er ist, weil er beim Laufen zuweilen
In einen schwarzen Tümpel tritt

91.

Man sieht dich graben in Ruinen,
Als Grabscheit muß ich dazu dienen,
Du suchst etwas in dem Versteck,
Du scheinst ganz eifrig, es zu haben,
Doch kaum hast du es ausgegraben,
Wirfst du's mit gleichem Eifer weg

92.

Die beiden ersten Sylben geben Rath,
Du sollst begehen eine schlimme That;
Ich rathe dir das Paar der andern Beiden,
Daß du was Schlimmes selber sollst erleiden;
Ich rathe dir, vom Ganzen bleibe weg,
Wenn grau dein Röcklein ist, und wenn du liebst den Speck.

93.

Wer nennt mir das Kloſter von feſtem Stein,
Drin wohnen viel ſchöne Jüngferlein,
Ein eiſerner Paladin klopft ans Haus,
Gleich ſpringen drei, vier oder mehr heraus;
Sie tanzen um ihn, ſie glühen ſo roth,
Doch tanzen ſich alle zuſammen bald todt.

94.

Aus der erſten Zwölfe macht man Zeldaten,
Auch thun die Zeldaten damit viele Thaten,
Die andre gleicht einem wingigen Stecken
Und dienet ſtatt Zwecken, was ſolle zu ſtecken;
Das Ganze gebrauche niemals mit Hitze,
ehe ſie nicht mehr nütze, verliert es die Zwölfe.

95.

Die Erſten ſind ein Unterthan,
Die Dritte iſt ein Unterthan,
Das Ganze iſt ein Unterthan,
Der von dem andern Unterthan
Wird unter den erſten Unterthan
Ganz unterthänigſt gethan.

96.

Es iſt eine ſüße Zauberfrucht,
Die Einer umſonſt zu brechen verſucht;
Nur Zweie zuſammen können ſie brechen;
Doch kann es niemals geſchehen im Sprechen;
Und wollte ſie Einer haſchen allein,
Er haſchte und ſchnappte ins Blaue hinein.

97.

Die erſte Sylbe ſchützt zuweilen dich vor Hitze,
Doch iſt bei Weitem mehr noch ſie zu ſchaffen nütze.
Die andre Sylbe dient zu einer ſtarken Wehre;
Doch wer ſo iſt bewehrt, dem dient es nicht zur Ehre;
Das Ganze ringelt ſich, als wär' es eine Schlange,
Und machte oftmals ſchon dem Hirſch und Eber bange.

98.

Auf weitem Feld
Sind Zweie geſellt;
Das Eine zerſpällt,
Was das Andre hält;
Wozu ſie beſtellt,
Drum dreht ſich die Welt.

99.

Die erſte Silbe iſt ein Gott mit tauſend Schrecken,
Die andern zwei ein Menſch, bequem zum Necken,
Das Ganze iſt gemacht, um darauf zu gehn,
Die beiden Andren aber müſſen drunter ſtehn,
Sonſt würde Alles drauf und drunter gehn.

100.

Man zog mich nach der Länge,
Da ward' ich dick, ſtatt enge;
Je mehr ich alsdann meſſe,
Je kürzres Maß ich meſſe.

101.

Die erſte Silbe fährt herunter,
Die andre bedeutet ſelbſt herunter,
Am Paar der letzten geht's hinauf,
Am Ganzen geht herab der Lauf.

102.

Die Erste ist nie in der Sache drinnen,
Bei der Andern ist's Niemand ernsthaft zu Sinnen;
Je besser das Ganze, das du Andern willst geben,
So Wenigre sich es zu nehmen bestreben.

103.

Die Erste ist das in trock'nem Zustande,
Was frisch als die And're wächst in dem Lande.
Weh' wem das Ganze nur steht zu Gebot,
Sich d'ran zu halten, kommt er in Noth.

104.

Die erste Silbe lehrt ein fremd Gewicht dich kennen,
Was nur kein Unding ist, wird dir die zweite nennen.
Das Ganze leb' ich nun, wenn es ist gut gerathen,
Ob sei vor oder nach, nur nicht anstatt des Braten.

105.

Die Erste iſt ein Baum, von Zweigen baar und Blättern;
Die Andre hat manch' Blatt, doch iſt dazu kein Baum.
Im Ganzen ſteht ein Heer von Freunden und von Vettern,
Und ſpricht auf Einen los, der ſteht im Außenraum.

106.

Die Erste enthält die Mittel zum Beißen,
Die Andre enthält die Sachen zum Beißen,
Das Ganze hindert die Mittel zum Beißen
An kommen zu den Sachen zum Beißen.

107.

Die Erste wandelt geistig im Lichten,
Die Andre wandelt überhaupt mit Lichten,
Das Ganze pflegt auf das zu treten,
Wovor die Erste kniet im Beten.

108.

Die Erste ist leicht verdaulich, für Kinder gut zu essen,
Indes an Aeltern oft die Andre frißt und zehrt.
Als wollt' es selber sich und dazu Andre fressen,
Zieht stets das Ganze aus, drum laß es ungestört.

109.

Da springt eine Frau auf den Stuhl und schreit;
Da fährt wie närrisch umher ein Besen;
Jetzt wißt ihr wohl, ich bin nicht weit;
Bin doch nur ein klein schwaches Wesen.

110.

Gen Himmel streck' ich drei Finger aus,
Die immerdar dahin weisen,
Doch faß' ich jemand, so ist's ein Graus,
Zur Hölle gleich laß' ich ihn reisen.

111.

Die Erste zu halten iſt oft ſchwer,
Die Andre iſt Sache des Glücks gar ſehr.
Das Ganze iſt nur ein ſchwarzer Zwerg
Und hebt ganz leicht doch einen Berg.

112.

Ein Kopf und ein Bein
Iſt Alles, was mein;
Der Kopf hat keine Mütze,
Das Bein hat eine Spitze.

113.

Die beiden Ersten beſchmutzen die Sachen,
Die Dritte dient, ſie rein zu machen;
Das Ganze iſt ſchön weiß und roth,
Und trägt doch in ſich Gift und Tod.

114.

Die Erſte für Den, der hoch hinaus will.
Der höher hinauf als das höchſte Haus will;
Die And're für Den, der fleißig ſein will;
Das Ganze für Den, der tief hinein will.

115.

O weh dem armen Haus, in dem man mich nicht fände,
Doch dreimal wehe dem, das ſelber in mir ſtände;
Im erſten, ſey gewiß, wohnt Mangel drückend ſchwer;
Im andern, ſey gewiß, wohnt morgen niemand mehr.

116.

Mit der Erſten pflückt man Roſen,
Aus der Andern macht man Hoſen,
Das Ganze iſt ein Plunder,
Der lang hängt herunter.

117

Es ſtellt als Frucht das erſte Paar,
Als Pflanze ſich das andre dar,
Doch wenn ihr Beide wollt verbinden,
So wird alsbald ein Thier ſich finden.

118.

Ich bin ein cranicliches Sauerbrünnlein,
Gefaßt in ein zierliches goldnes Tönnlein,
Entſprungen im fernen Südenland,
Doch bin an alle Orte verſandt.

119.

Ihr ſagt: ein Geiſt erſcheint nur weiß in dunkler Nacht;
Ich ſag' euch, daß der Geiſt grad umgekehrt es macht;
Als ſchwarzen Schatten ſeh' ich ihn auf weißem Feld,
Und mit dem Schattenleib Licht werfen in die Welt.

120.

Die erſte Sylbe fliegt und hat doch Flügel keine;
Das Paar der Andern geht und hat doch keine Beine;
Das Ganze hat zwar Flügel, doch kann damit nicht fliegen,
Es hat auch einen Schwanz, doch kann es ihn nicht biegen.

121.

Sagt, wie das ſtimmt:
Die Erſte ſchwimmt,
Die Andre läuft,
Das Ganze ſteift.

122.

Die erſte Sylbe frißt,
Die andre Sylbe ißt,
Die Dritte wird gefreſſen,
Das Ganze wird gegeſſen.

123.

Wer als Mann die Erste ist,
Der hätte gern die Zweite,
Doch wer als Weib das Ganze ist,
Wär' selber gern die Zweite.

124.

Die erste Sylb' hat Zähn' und Haare,
Die Zweite Zähne in den Haaren;
Wer auf den Zähnen nicht hat Haare,
Vom Ganzen kaufe keine Waaren!

125.

Wer nennt mir den grauen Affen,
Mißfarb'gen, mißgestalten,
An den doch die Mädchen sich hängen,
Um den sie springen, sich drängen.

126.

Weiß bin ich, doch zur Reise
Bleib' ich ein schwarzes Gleis;
Die Reise macht euch weise
Oder macht euch etwas weis.

127.

Ich bin ein Sattel, wo kein Reiter drauf sitzt;
Ich bin eine Krücke, die dem Lahmen nichts nützt;
Ich bin ein Fenster, kein Haus ist dazu;
So scharf ich bin, keine Spitze siehst du.

128.

Die beiden Ersten sind mehr als gut;
Mit der Dritten wehrt sich die Bassenbrut;
Das Ganze ist die adlige Klasse
Unter einer sonst sehr gemeinen Race.

129.

Ich habe ein Loch und ich mache ein Loch,
Und ich laufe durch das, was ich machte, auch noch;
Doch kaum bin ich durch, so stopft im Nu
Ein Stück meiner langen Schleppe es zu.

130.

Die erste Silbe ist beim Golde sehr willkommen,
Doch ob der zweiten wird es oft nicht gern genommen.
Das Ganze schalte ein bei jeglichem Versprechen,
Wenn du gewiß sein willst, dein Wort niemals zu brechen.

131.

Das erste Paar war stets eroberungssüchtig,
Das andre wehrt' einst dem Grobern tüchtig;
Das Ganze endlich hat die besten Waffen,
Den Himmel zu erobern, uns geschaffen.

132.

Nicht sichtbar, und doch stark und schwer
Zieht eine Kette sich einher;
Doch nichtbar sind, sie anzuheften,
Zwei Ringe an zwei Säulenschaften.

133.

Die Erste ist ein Wort zum Fragen,
Die Andre gut, um zuzuschlagen;
Das Ganze läßt den Gaumen zagen,
Ist aber heilsam für den Magen.

134.

Die Ersten Zwei sind lang und biegsam,
Die dritte Sylb' ist starr und breit;
Das Ganze gleich den Ersten schmiegsam
Und gleich der dritten Sylbe breit.

135.

Ich bin ein Kind des Ueberflusses,
Und doch stets Ursach des Verdrusses;
Entsprungen leicht im Augenblick,
Doch kaum zu vertilgen mit allem Schick.

136.

Die Erste nennet dir, was nahe hat die Schranken;
Die Andre hat man meist als trocken in Gedanken;
Das Ganze aber herrscht im weiten Reich des Nassen,
Will Schranken setzen gern, doch sich nicht setzen lassen.

137.

Zuerſt ein feſt verſchloſſen Päcklein,
Dann grünes Jäcklein, rothes Röcklein,
Zuletzt von Steinen voll ein Säcklein.

138.

Das erſte Paar freut ſich am Flug;
Das zweite Paar freut ſich am Piſt
Das Ganze iſt des erſten Fluch.

139.

Im Erſten Beten und Singen erklingt;
Die Andre betet, das Ganze ſingt.

140.

Wer es ſchlägt, den beißt's,
Wer es macht, den verdreußt's.

Auflösungen.

1. Kaffeekanne mit Taſſen.
2. Hexameter und Pentameter.
3. Fingerhut.
4. Kaffee.
5. Geld.
6. Hühnerauge.
7. Schönheit, Wahrheit und Güte.
8. Der Geiſt und die fünf Sinne.
9. Milch.
10. Barbiermeſſer.
11. Trauermantel.
12. Der Himmel mit Sonne, Mond und Sternen.
13. Windmühle.
14. Tintenfaß.
15. Dreier.
16. Auſtern.
17. Kirſchbaum mit Sperlingen.
18. Gans.
19. Glaube, Liebe, Hoffnung.
20. Schneeglöckchen.
21. Spargel in Bezug zum Frühling.
22. Roſine.
23. Knaul im Strickbeutel, Strickſtrumpf und Strümpfe.
24. Salz und Pfeffer.
25. Mond in Beziehung zur Erde.
26. Pfirſich.

27. Oſtern.
28. Ubrfeder.
29. Wallenſtein.
30. Gift.
31. Ohrfeige.
32. Maulaffen.
33. Bachſtelze.
34. Raſeweiß.
35. Schinken im Pökelfaß und in der Küche
36. Dreieck (Dr Gi eck.)
37. Neujahr.
38. Heuhaufen.
39. Flache, Leinewand, Papier.
40. Melone.
41. Teiche im Winter und Frühling.
42. Grabſcheit.
43. Kartoffeln.
44. Liebfrauenmilch.
45. Damenbret.
46. Hochzeit.
47. Wetterhahn
48. Apfelſine.
49. Brief.
50. Krauſemünze.
51. Generalbaß.
52. Hanswurſt.
53. Maultrommel.
54. Wachholder.
55. Hokuspokus.
56. Ananas.

57. Wachsstock.
58. Bier.
59. Kirchthurm.
60. Weinstock und Wein.
61. Kauderwälsch.
62. Auerhahn.
63. Glühende Kohle.
64. Erdbeere (als Einfassung).
65. Röhre.
66. Brief.
67. Komma.
68. Strickstrumpf.
69. Peterwardein.
70. Noten.
71. Schnupftuch.
72. Handschuh.
73. Flaschenzug.
74. Streusandbüchse.
75. Punsch.
76. Abendröthe.
77. Roth der Wangen.
78. Heupferd.
79. Wasser als Eis, Bach, ruhiger und stürmisch bewegter See, Dampf, Thau und Meer.
80. Regenbogen.
81. Landuhr.
82. Beutelschneider.
83. Thau des Morgens und Abends.
84. Taubenschlag.
85. Kupferstich.

86. Nordlicht.
87. Weinstock.
88. Einhorn.
89. Floh.
90. Schreibfeder.
91. Zahnstocher.
92. Mausefalle.
93. Feuerstein.
94. Bleistift.
95. Stiefelknecht.
96. Nuß.
97. Waldhorn.
98. Messer und Gabel.
99. Pantoffel.
100. Bezogener Talglicht.
101. Blitzableiter.
102. Beispiel.
103. Strohhalm.
104. Pudding.
105. Stammbuch.
106. Maulkorb.
107. Spritzbaum (auf einem Kreuze stehend).
108. Briefgram.
109. Haus oder Zimmer.
110. Galgen.
111. Maulwurf.
112. Stecknadel.
113. Fliegenschwamm.
114. Bergwerk.
115. Feuer.

116. Handtuch.
117. Apfelschimmel.
118. Citrone.
119. Schrift.
120. Windmühle.
121. Fischbein.
122. Sauerkraut.
123. Jungfrau.
124. Reißkamm.
125. Alter Käse mit Maden.
126. Papier mit Schrift oder Druck.
127. Brille.
128. Edelstein.
129. Nähnadel.
130. Vielleicht.
131. Frauenhofer (Verfertiger der besten Fernröhre).
132. Ehe mit Bezug auf die Trauringe.
133. Wermuth.
134. Leinewand.
135. Tintenklecks.
136. England.
137. Hagebuttenrose.
138. Vogelbauer.
139. Dampfer.
140. Pudel.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.